



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – CAMPUS V
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

THALIA ANDRADE SILVA

**ENSINO DE GENÉTICA: DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIA
METODOLÓGICA PARA ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS**

JOÃO PESSOA

2024

THALIA ANDRADE SILVA

**ENSINO DE GENÉTICA: DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIA
METODOLÓGICA PARA ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Cristina dos Santos

JOÃO PESSOA

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586e Silva, Thalia Andrade.
Ensino de genética [manuscrito] : desenvolvimento de estratégia metodológica para análise de mapas conceituais / Thalia Andrade Silva. - 2024.
51 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Silvana Cristina dos Santos, Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA".

1. Ensino de genética. 2. Mapa conceituais. 3. Recursos didáticos. 4. Aprendizagem significativa. I. Título

21. ed. CDD 371.3

THALIA ANDRADE SILVA

ENSINO DE GENÉTICA: DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIA
METODOLÓGICA PARA ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de
Licenciada em Biologia

Aprovada em: 18/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Daniela Santos Pontes** (***.568.806-**), em **28/11/2024 20:37:36** com chave **bfb504e2ade111efb98d1a1c3150b54b**.
- **Brígida Thaís Luckwu de Lucena** (***.353.044-**), em **29/11/2024 08:39:05** com chave **8a05d622ae4611ef93b506adb0a3afce**.
- **Silvana Cristina dos Santos** (***.905.388-**), em **28/11/2024 20:32:53** com chave **16c2a59cade111ef84f12618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 09/12/2024

Código de Autenticação: 2b521e



AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Bento José Antunes e Luiza de Andrade, por serem meu alicerce, sempre apoiarem minhas decisões e incentivarem meus estudos.

À minha irmã favorita, Suelen de Andrade, por cuidar tão bem de mim desde que eu era criança e quem eu sempre me espelhei para ser uma pessoa melhor todos os dias.

Aos amigos que fiz durante o curso de Licenciatura na UEPB, especialmente Rodrigo Agostinho. Apesar que nosso encontro tenha sido breve, sou grata por todos os nossos treinos, saídas e conversas motivacionais.

À Maria Helena, a primeira pessoa que falou comigo no mestrado e seguimos até aqui fazendo tudo juntas. Uma amizade que vai além da vida acadêmica.

À Igor Cordeiro, meu irmão de coração, que sempre melhora o dia de qualquer pessoa.

Aos meus amigos de longa data: Adrielle, Gustavo, Rafaella, Rayane e Pedro, que sempre deixam meus dias mais leves e sempre acreditaram em mim quando eu mesma não acreditei.

À minha melhor amiga-irmã, Carol Protásio, que sempre se faz presente, me entende e me acolhe quando eu preciso.

Ao Prof. Dr. Augusto César, meu orientador durante a graduação do bacharelado e do mestrado, que me incentivou a fazer Licenciatura e torce por mim até hoje.

À minha orientadora e mãe científica Prof. Dra. Silvana Santos por todas as oportunidades que me proporcionou até aqui. Sua orientação foi essencial para a minha formação não só como profissional, mas também pessoal. Muito do que aprendi sobre ser professora vem de seu exemplo e ensinamentos.

À Prof. Nyedja, uma das melhores professoras que já tive, que transmite amor no que faz e possui uma didática impecável. Sou grata por ter sido sua orientanda na monitoria de Matemática.

A todos os professores da UEPB que fizeram parte da minha formação e do meu crescimento intelectual. Acredito que a Licenciatura na UEPB fez toda diferença, pois abriu caminhos os quais nunca imaginei percorrer.

RESUMO

A aprendizagem significativa destaca a importância da ancoragem de novos conhecimentos aos preexistentes na estrutura cognitiva do estudante. Existem estratégias e recursos didáticos que podem facilitar a aprendizagem significativa. Uma dessas ferramentas é o mapa conceitual. Os mapas conceituais podem auxiliar os professores de diferentes níveis de ensino a definir com mais clareza os conteúdos e as relações entre eles que devem ser trabalhados durante o período de aprendizagem, a fim de discernir o que é essencial e o que é secundário. O objetivo deste estudo foi desenvolver uma estratégia metodológica para análise de mapas conceituais que possa ser aplicada na formação de professores da Educação Básica. Trata-se de um estudo exploratório de abordagem quali-quantitativa. Em uma sequência didática sobre Genética aplicada em uma disciplina de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, foram elaborados 54 mapas conceituais por uma turma de 13 estudantes. Além dos mapas conceituais, os estudantes realizaram dez atividades do tipo *quizzes* e avaliações somativas e processuais. A estratégia utilizada para análise dos mapas conceituais, proposta neste trabalho, consistiu na classificação das relações entre os conceitos do mapa conceitual a partir de uma escala tipo *Likert* de zero até cinco pontos; com uso de indicadores de aprendizagem, como o número de conceitos citados, a proporção de conceitos e o índice de precisão conceitual. Foi realizada análise estatística descritiva e inferencial, com uso da estratégia de *bootstrap* e testes não-paramétricos (Teste de Mann-Whitney). No total, foram utilizados 111 conceitos diferentes nos 54 mapas conceituais analisados. Entre as 761 citações feitas pelos estudantes, 390 foram consideradas adequadas, resultando em uma média de índice de precisão conceitual de 53%. Houve uma evolução da precisão conceitual do primeiro mapa produzido pelos estudantes (38,74%) para o sexto mapa (71,05%), evidenciando que a elaboração de mapa pode ser compreendida como uma habilidade a ser desenvolvida durante o período de aprendizagem. O número de produções elaboradas pelos estudantes variou de apenas 1 até 6 mapas. A frequência de conceitos citados pelos estudantes variou de 9 até no máximo de 17 conceitos por mapa; sendo que o índice de precisão conceitual variou de 9,09% até no máximo de 68,18% mostrando uma variabilidade expressiva entre os estudantes. Os estudantes que tinham melhores índices de precisão conceitual também tinham melhor desempenho nas atividades acadêmicas. O presente trabalho ofereceu uma metodologia prática para diagnosticar o entendimento e dificuldade dos estudantes através dos mapas conceituais, sendo possível aplicá-la em cursos de formação de professores e na Educação Básica.

Palavras-Chave: Ensino de Genética; Mapas conceituais; Recursos Didáticos, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

Meaningful learning emphasises the importance of anchoring new knowledge to pre-existing knowledge in the student's cognitive structure. There are teaching strategies and resources that can facilitate meaningful learning. One of these tools is the concept map. Concept maps can help teachers at different levels of education to define more clearly the contents and the relationships between them that should be worked on during the learning period, in order to discern what is essential and what is secondary. The aim of this study was to develop a methodological strategy for analysing concept maps that can be applied to the training of primary school teachers. This is an exploratory study with a qualitative-quantitative approach. In a didactic sequence on Genetics applied in a subject on a degree course in Biological Sciences, 54 concept maps were drawn up by a class of 13 students. In addition to the concept maps, the students completed ten quizzes and summative and procedural assessments. The strategy used to analyse the concept maps, as proposed in this work, consisted of classifying the relationships between the concepts in the concept map with a Likert-type scale of 0 to 5 points; using learning indicators such as the number of concepts cited, the proportion of concepts and the conceptual accuracy index. Descriptive and inferential statistics were analysed using the bootstrap strategy and non-parametric tests (Mann-Whitney test). In total, 111 different concepts were used in the 54 concept maps analysed. Of the 761 citations made by the students, 390 were considered adequate, resulting in an average conceptual accuracy index of 53 per cent. There was an evolution in conceptual accuracy from the first map produced by the students (38.74%) to the sixth map (71.05%), showing that map-making can be understood as a skill to be developed during the learning period. The number of maps produced by the students varied from just 1 to 6. The frequency of concepts cited by the students ranged from 9 to a maximum of 17 concepts per map; the conceptual accuracy index ranged from 9.09% to a maximum of 68.18%, showing significant variability between the students. Students who had better conceptual accuracy rates also performed better in academic activities. This study has provided a practical methodology for diagnosing students' understanding and difficulties using concept maps, which can be applied to teacher training courses and basic education.

Keywords: Genetics Teaching; Concept Maps; Teaching Resources; Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa	15
Figura 2 – Exemplo de um mapa mental sobre o conteúdo de Genética	18
Figura 3 – Exemplo de um mapa conceitual sobre o conteúdo de Genética	18
Figura 4 – Mapa 2 do Estudante 3	28
Figura 5 – Mapa 2 do Estudante 6	29
Figura 6 – Mapa 2 do Estudante 9	29
Figura 7 – Mapa 1 do Estudante 2	33
Figura 8 – Mapa 6 do Estudante 2	33
Figura 9 – Mapa conceitual 5 do E10 sem as palavras de ligação	34
Figura 10 – Mapa 1 do E9 sem as palavras de ligação	35
Figura 11 – Mapa 6 do E9	35
Figura 12 – Mapa 5 do E13	36
Figura 13 – Mapa 4 do E13	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil da amostra populacional	26
Tabela 2 – Distribuição de conceitos e desempenho de precisão conceitual	27
Tabela 3 – Precisão conceitual por mapa conceitual	30
Tabela 4 – Análise do uso e precisão de conceitos nos mapas por estudante	31
Tabela 5 – Comparação dos índices utilizados com Teste U de Mann-Whitney	38
Tabela 6 – Análise de precisão conceitual e desempenho acadêmico	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1. Tipo de estudo e população	19
3.2. Procedimentos	19
3.3. Sequência didática	20
3.4. Estratégia Metodológica para análise de mapas conceituais	21
3.5. Variáveis e análise estatística	23
4 RESULTADOS	25
5 DISCUSSÃO	40
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE	47

1. INTRODUÇÃO

O letramento científico está presente nos documentos de política educacional como uma das principais metas da educação de diferentes países. Por letramento, entende-se o desenvolvimento de três competências principais ao longo da formação básica: 1) explicar fenômenos com base científica; 2) avaliar e planejar investigações científicas; e 3) interpretar e utilizar dados científicos para tomada de decisões. O letramento científico permite ao cidadão que ele(a) resolva problemas da vida cotidiana e da sociedade. Com isso, o letramento científico no campo da Genética se destaca como uma necessidade contemporânea, pois o conhecimento nessa área afeta diretamente a vida diária do cidadão (Stern e Kampourakis, 2017).

A Genética é considerada uma das áreas em que os estudantes têm mais dificuldade de aprendizagem na Educação Básica e Ensino Superior. Os estudantes não compreendem os conceitos básicos, tanto mendelianos quanto moleculares (Belmiro e Barros, 2017; Branco et al. 2019; Silva et al. 2019). Segundo Kampourakis (2017), é de senso comum entender que existem genes específicos para determinadas características, de maneira determinística e rígida, limitando a compreensão de mecanismos moleculares e da influência de fatores ambientais. Outro equívoco relacionado à Genética, além das funções do material genético, é acerca da sua natureza.

Diferentes estudos demonstraram que estudantes do Ensino Fundamental, Ensino Médio e até mesmo Ensino Superior apresentaram dificuldade em diferenciar genes, DNA e cromossomos; assim como cromossomos-homólogos e cromátides e até entender o que é a molécula de DNA (a molécula é uma cadeia de desoxirribonucleotídeos ou são as duas cadeias entrelaçadas?) (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Venville, Gribble e Donovan, 2005; Witzig, Freyermuth, Siegel, Izci e Pires, 2012). Para Araújo (2022), essa dificuldade poderia ser explicada, em parte, pela abstração da Genética e interdisciplinaridade, já que envolve conhecimentos da Bioquímica, Matemática e outras disciplinas correlatas.

Na Genética, diversos temas científicos de interesse socioeconômico são discutidos, tais como clonagem, células-tronco, resistência aos antibióticos, terapias gênicas e transgenia. Para compreender esses assuntos é fundamental aprender de maneira significativa os conceitos básicos de Genética. Entretanto, apesar da relevância desses tópicos, o ensino de Genética é muitas vezes abordado de maneira conteudista e descontextualizada, por meio do ensino tradicional, dificultando a aprendizagem do estudante (Belmiro e Barros, 2017; Rezende e Gomes, 2018; Santos et al. 2020).

A Genética na Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) é um documento de caráter normativo que define as competências e habilidades que devem ser desenvolvidas ao longo do processo de escolarização na Educação Básica (BRASIL, 2017). As competências são definidas na BNCC como “a capacidade do indivíduo de mobilizar conhecimentos, procedimentos e atitudes a fim de resolver problemas complexos do cotidiano”. As habilidades estão relacionadas às ações específicas que os estudantes devem dominar, as quais, em conjunto, contribuem para o desenvolvimento das competências. A BNCC definiu 10 competências gerais que devem ser desenvolvidas pelas diferentes áreas na Educação Básica, as quais podem ser resumidas em: 1. Conhecimento; 2. Pensamento científico, crítico e criativo; 3. Repertório cultural; 4. Comunicação; 5. Cultura digital; 6. Trabalho e projeto de vida; 7. Argumentação; 8. Autoconhecimento e autocuidado; 9. Empatia e cooperação; 10. Responsabilidade e cidadania (BRASIL, 2017).

Quanto à estrutura, a BNCC está organizada em áreas do conhecimento e em componentes curriculares; sendo que cada um deles possui competências e habilidades específicas. Na BNCC, as habilidades a serem desenvolvidas no Ensino Fundamental são apresentadas de maneira mais explícita e detalhada do que as do Ensino Médio; o qual, por sua vez, organiza-se em quatro áreas de conhecimento (Linguagens, Matemática, Ciências Humanas e Ciências da Natureza), enquanto no Ensino Fundamental, são cinco áreas, incluindo o Ensino Religioso.

Na BNCC, o conteúdo de Genética é tratado a partir dos anos finais do Ensino Fundamental. A Unidade Temática “Vida e Evolução” aborda, entre os objetos de conhecimento, a hereditariedade. No Ensino Médio, essa abordagem se aprofunda com o estudo da evolução dos seres vivos, destacando a relação indissociável entre a Genética e a Evolução. Enquanto a Genética explica os mecanismos de variação e herança genética, a Evolução descreve como essas variações se modificam ao longo do tempo (Silva et al. 2016).

No Ensino Fundamental, os estudantes devem ser capazes de “associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes”. E também devem fazer a discussão das ideias de Mendel sobre hereditariedade, sabendo discernir o que são os fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação; “considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos” (BRASIL, 2017, p. 351).

No Ensino Médio, os conteúdos relacionados à Genética são citados de maneira superficial, não sendo explicitadas as habilidades específicas que devem ser formadas. Segundo Silva et al. (2019), isso ocorre devido à complexidade do conteúdo, pois os professores não têm domínio do conteúdo dificultando o seu aprofundamento no Ensino Médio. O excesso de termos técnicos utilizados e o uso de um vocabulário muito específico tornam o conteúdo de Genética ainda mais desafiador.

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, sendo fundamental que o conhecimento adquirido ofereça uma base teórico-prática bem consolidada ao cidadão (Silva e Khalil, 2017). Entretanto, conforme pode ser observado na descrição das competências dois e três da BNCC do Ensino Médio, não há uma descrição detalhada do que exatamente deve ser ensinado aos estudantes sobre a Genética (BRASIL, 2017). conforme mostram os excertos do documento abaixo:

Nessa competência específica dois, podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a: origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos; espectro eletromagnético; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros (BRASIL, 2017, p. 556).

Na competência específica três, o estudante deve analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (BRASIL, 2017, p. 559).

O tempo destinado às aulas de Biologia e à Genética na Educação Básica, especialmente no Ensino Médio, é outro ponto que vem sofrendo profundas mudanças. A formação em nível de Ensino Médio no Brasil encontra-se em debate desde a implementação do Novo Ensino Médio por meio da Lei 13.415 de 2017 (FERRETTI, 2018). Embora tenha havido uma importante ampliação da carga horária total do curso, verificou-se uma redução do tempo destinado às disciplinas específicas, como a Biologia. Se antes eram destinadas de três a quatro horas-aula para a Biologia nos três anos do Ensino Médio, com a reforma, isto foi reduzido para duas ou apenas uma, como ocorre no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Essas mudanças ocorreram em virtude da diversificação do currículo, com a inclusão de disciplinas eletivas, dando lugar aos diferentes itinerários formativos no Ensino Médio. Houve inclusão da obrigatoriedade de novas disciplinas, como “Projeto de Vida” e valorização da formação

técnica (COSTA, SILVA, 2019). Os professores do Ensino Médio têm tido dificuldade para tratar os conteúdos da maneira como faziam antes da implantação do Novo Ensino Médio, tendo em vista a redução significativa do tempo destinado às disciplinas tradicionais. Os livros didáticos também tiveram de realizar profundas mudanças, apresentando sínteses dos conteúdos que antes eram tratados de maneira mais detalhada e abrangente (COSTA, SILVA, 2019).

Face ao exposto, verificamos que os documentos curriculares estimulam o ensino de algumas ideias e conceitos mendelianos no Ensino Fundamental e apontam a necessidade da compreensão de questões mais complexas da Genética no Ensino Médio, sem uma definição clara do que exatamente o cidadão tem de aprender, como deve aprender e quanto tempo deve ser destinado ao ensino desses conteúdos específicos. A BNCC se diferencia de documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e suas atualizações, tendo em vista que nestes documentos havia uma descrição mais detalhada e clara sobre o que deveria ser ensinado, com sugestões de estratégias didáticas e também com uma melhor definição das metas a serem alcançadas ao final do período de escolarização (GALIAN et.al, 2021).

As mudanças ocorridas em virtude da implantação da BNCC para a Educação Básica têm promovido intenso debate a respeito da formação de professores para atuar na Educação Básica. O Ministério da Educação, por meio do Conselho Nacional de Educação (CNE), publicou a Resolução CNE/CP nº 4/2024 que determina as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Profissionais do Magistério da Educação Escolar Básica. A norma atualizou outros regulamentos, publicados em 2015 e 2019; estabelecendo a carga horária mínima de 3.200 horas com estabelecimento das cargas horárias para ensino presencial e remoto (BRASIL, 2024).

Diante do que foi exposto, as instituições formadoras deverão refletir como fazer a formação de professores diante desses novos contextos. No caso específico do Ensino de Genética, os docentes devem refletir sobre estratégias e ferramentas que poderiam ser utilizadas para facilitar o ensino e a aprendizagem significativa desses conceitos da Genética no processo de formação de professores. Além disso, o Ensino de Genética deve ser revisto no sentido de apresentar aos professores situações-problema que podem ser trabalhadas em sala de aula para desenvolvimento de competências, conforme orientação da BNCC.

Como definir os temas, conceitos, situações-problema, contextos, quantidade e profundidade em que serão tratados os conhecimentos da Genética na formação de professores e na Educação Básica considerando a BNCC e as mudanças promovidas no Novo Ensino Médio? Como facilitar o ensino e a aprendizagem significativa dos estudantes, levando ao letramento científico da população?

Aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa, teoria proposta por David Ausubel (1918-2008), destaca a importância da ancoragem de novos conhecimentos àqueles preexistentes na estrutura cognitiva do estudante (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). Ou seja, o estudante não aprende somente o novo conteúdo, mas também compreende como ele se conecta com o que já sabe. Com isso, é possível aplicar esses novos conhecimentos em diferentes situações e contextos. Difere-se da aprendizagem mecânica que é constituída da memorização de maneira isolada, no decorar e reproduzir informações, sem necessariamente entender ou relacionar com o conhecimento prévio. Segundo Moreira (2011), Ausubel entende que a aprendizagem mecânica pode ser potencialmente transformada em aprendizagem significativa, tendo uma zona cinza entre elas que se traduz nas estratégias de ensino, como foi ilustrado Figura 1.



Fonte: Moreira, 2011.

Dessa maneira, a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é automática. Segundo Ausubel (2003, p. 32) “depende da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor.” Além disso, Ausubel destacou que a resolução de problemas pelo estudante, nos quais haja a necessidade de aplicação de conceitos, pode contribuir para a compreensão dos significados de conceitos pelo estudante; levando à aprendizagem significativa. Ou seja, ao usar os conceitos para resolver situações-problema, especialmente os de natureza mais prática e contextualizados, os conceitos ganham significado para o estudante; sendo a compreensão desenvolvida na medida que o estudante resolve situações mais complexas.

Existem estratégias e recursos didáticos que podem facilitar a aprendizagem significativa (Trindade e Hartwig, 2012). Uma dessas ferramentas é o mapa conceitual, uma técnica desenvolvida na década de 1970 por Joseph Novak e colaboradores. Inicialmente, os

mapas conceituais eram utilizados como ferramentas de avaliação para entrevista (Novak e Gowin, 1984). Posteriormente, foi proposto seu uso para instrumentalizar a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel; entretanto, vale a pena ressaltar, que este autor nunca tratou dos mapas em sua obra (Ruiz-Moreno, 2007; Moreira, 2011).

De uma maneira geral, as pessoas pensam com conceitos, sendo uma maneira eficiente de organizar as diferentes informações recebidas diariamente. Por exemplo, as proposições “a grama é verde”, “a grama é uma planta” e “a grama é uma monocotiledônea” mostram diferentes definições e significados atribuídos ao conceito “grama” (Novak e Gowin, 1984). Sendo assim, os mapas conceituais, segundo Novak e Gowin (1984, p. 15):

Têm a intenção de representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Proposições são dois ou mais rótulos de conceitos ligados por palavras em uma unidade semântica. Em sua forma mais simples, um mapa conceitual seria apenas dois conceitos conectados por uma palavra de ligação para formar uma proposição (...). Um mapa conceitual é um dispositivo esquemático para representar um conjunto de significados conceituais inseridos em uma estrutura de proposições. Os mapas conceituais funcionam para deixar claro para alunos e professores o pequeno número de ideias-chave nas quais eles devem se concentrar para qualquer tarefa de aprendizagem específica.

Os mapas conceituais são ferramentas valiosas na organização do conhecimento, permitindo a construção de proposições que conectam conceitos de maneira significativa ou não. Ao estruturar as informações dessa forma, os mapas facilitam a compreensão das relações entre ideias, cuja organização e clareza são essenciais para uma aprendizagem significativa. Os mapas conceituais são muito versáteis, podendo ser utilizados em diferentes situações tais como para realizar sínteses, apresentar novos conteúdos, como meio de avaliação; seja formativa ou somativa, como recurso de aprendizagem e como recurso de avaliação na pesquisa em educação científica (Ruiz-Moreno, 2007; Moreira, 2011; Ekinci e Şen, 2020). Segundo Moreira (2011, p. 123), os mapas conceituais evidenciam as relações entre os conceitos e sua hierarquização:

De um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos (...) Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los.

A potencialidade de um mapa conceitual pode ser medida pela sua capacidade de refletir o progresso do estudante e a sua compreensão dos conceitos abordados; ou seja, não existe um mapa certo ou errado, mas sim um mapa de conceitos que oferece evidências de que o estudante está desenvolvendo (ou não) a aprendizagem significativa (Moreira, 2011). Além disso,

segundo Kinchin (2014), os mapas conceituais também podem ser usados como uma ferramenta para explorar novas compreensões do que apenas para explicitar o conhecimento já estabelecido.

Os mapas conceituais revelam as relações entre os conceitos por meio de proposições. Os mapas conceituais devem ter três componentes básicos: conceitos, setas de ligação e frases de ligação (Ekinici e Şen, 2020). Segundo Moreira (2011, p. 126-127):

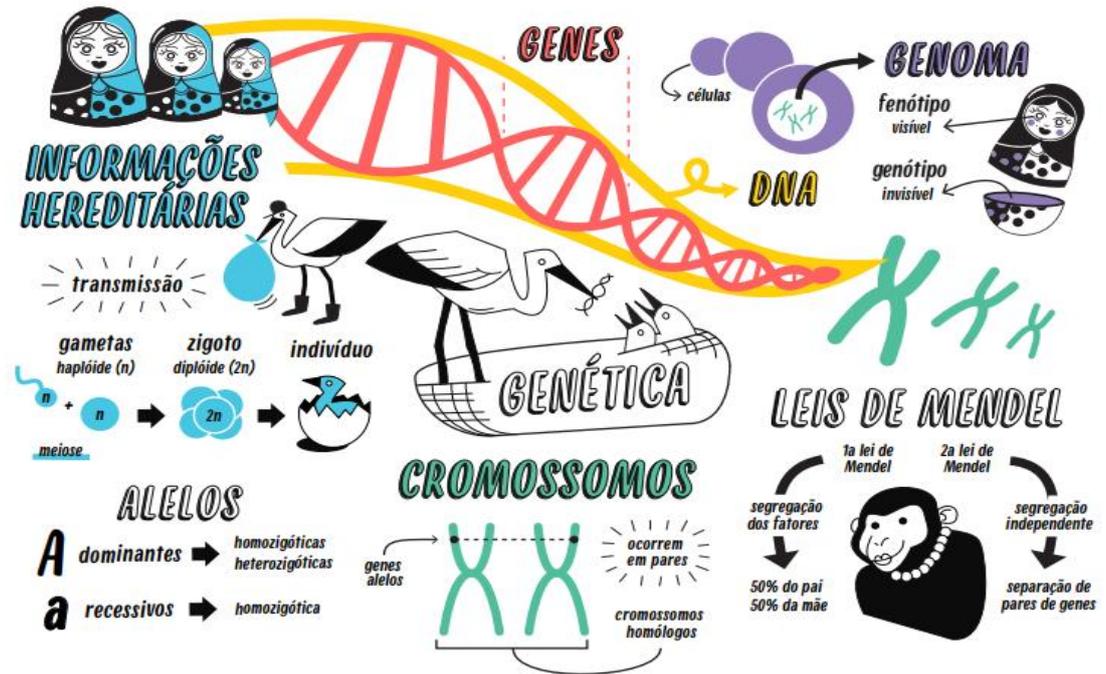
Sempre deve ficar claro no mapa quais são os conceitos contextualmente mais importantes e quais são os secundários ou específicos. Setas podem ser utilizadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais, mas não obrigatoriamente (...) O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos.

Dessa forma, nos mapas, os conceitos devem estar organizados de maneira lógica e coerente, utilizando palavras de ligação junto aos conceitos para formar frases com sentido lógico. O mapa deve possibilitar sua leitura em diferentes direções, seja de cima para baixo como de baixo para cima, o que promove a inter-relação eficaz de diferentes ideais dentro do mapa, além de facilitar a exploração das conexões entre os conceitos (Costamagna, 2001).

Apesar da semelhança visual entre mapas mentais e mapas conceituais, não se deve confundi-los. Os mapas mentais foram propostos por Buzan (1974), os quais envolvem cores, imagens e diagramas para auxiliar na memorização, sendo definido então como “representações visuais, não lineares de ideias e suas relações.” Os mapas mentais (Figura 2) permitem que os estudantes imaginem e explorem associações entre os conceitos, enquanto os mapas conceituais (Figura 3) permitem que os estudantes compreendam as relações entre os conceitos, ou seja, busca relacionar os conceitos e hierarquizá-los (Davies, 2011; Moreira, 2011).

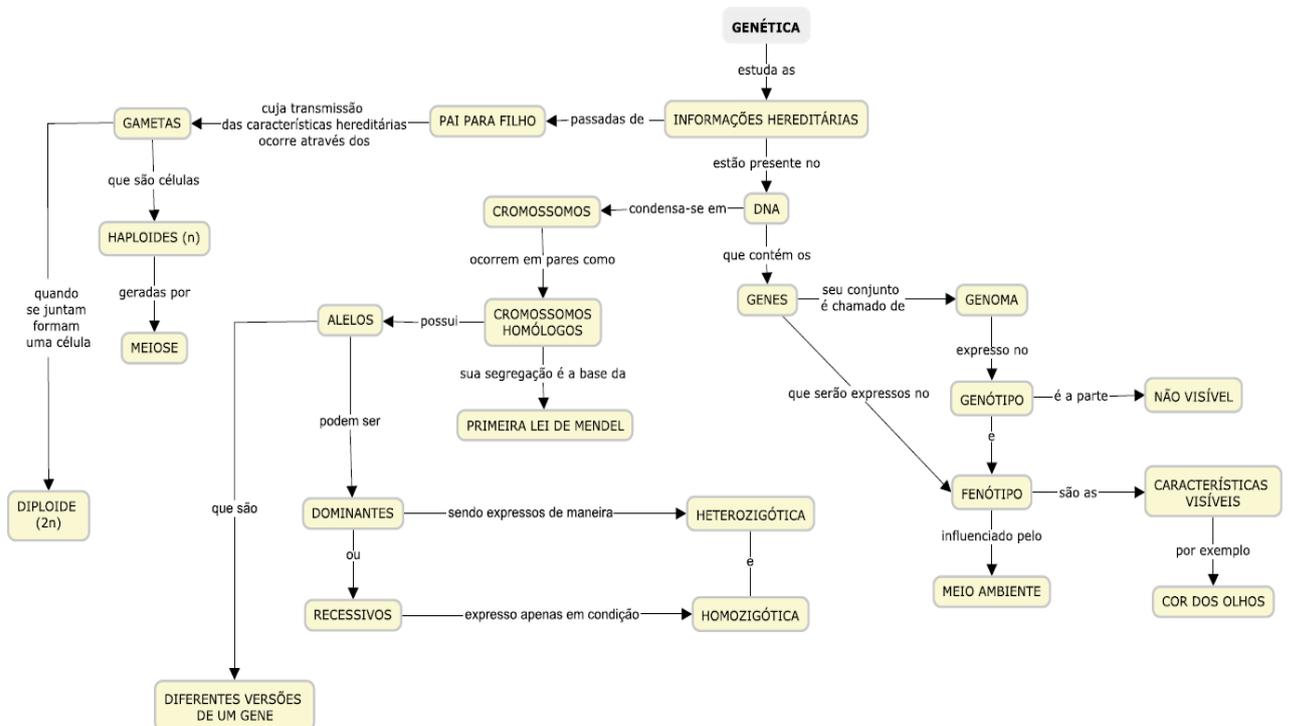
Os mapas conceituais podem auxiliar os professores de diferentes níveis de ensino a definir com mais clareza os conteúdos e as relações entre eles que devem ser trabalhados durante o período de aprendizagem, a fim de discernir o que é essencial e o que é secundário. Além disso, os mapas conceituais podem facilitar a identificação de erros em relação à definição de conceitos e da sua relação com outros conceitos, promovendo a metacognição (Davies, 2011; Moreira, 2011). Entretanto, em virtude da sua complexidade, há poucas estratégias na literatura para realizar a análise dos mapas com indicadores que possam evidenciar a aprendizagem dos estudantes.

Figura 2 – Exemplo de um mapa mental sobre o conteúdo de Genética.



Fonte: Canal do Youtube “Descomplica”.

Figura 3 – Exemplo de um mapa conceitual sobre o conteúdo de Genética.



Fonte: Autora, 2024.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver uma estratégia metodológica para análise de mapas conceituais que possa ser aplicada na formação de professores da Educação Básica.

2.2. Objetivos específicos

- a) Elaborar uma estratégia metodológica para analisar os mapas conceituais;
- b) Aplicar o método desenvolvido para avaliar aprendizagem significativa e a precisão conceitual em um estudo piloto;
- c) Refletir sobre o uso dos mapas conceituais como método de avaliação formativa a fim de observar o desenvolvimento dos estudantes ao longo de um período de aprendizagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Tipo de estudo e população

Este é um estudo exploratório e de abordagem quantitativa. Foram analisados 54 mapas conceituais produzidos por 13 estudantes de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, formalmente vinculados à uma disciplina de graduação sobre Genética e Biologia Molecular de uma instituição pública de ensino, no estado da Paraíba, Brasil.

Essa turma foi escolhida por conveniência, em virtude do interesse do docente da disciplina em desenvolver estratégias para análise dos mapas conceituais que já eram aplicados anteriormente e a permissão para fazer o acompanhamento do andamento do curso, com descrição da sequência didática. Neste trabalho, foram utilizados dados secundários, tendo em vista que se trata da análise de mapas conceituais produzidos em uma disciplina da graduação.

3.2. Procedimentos

A primeira aula da disciplina não foi acompanhada pela autora deste trabalho. Nessa aula, a docente fez uma introdução ao curso e ministrou algumas aulas de revisão. Nas aulas seguintes, conforme descrito no Quadro 1 abaixo, a docente explicou as características dos mapas conceituais e como podem ser utilizados em sala de aula, pedindo aos estudantes para elaborarem seu primeiro mapa com base no modelo oferecido.

Durante a disciplina, foram solicitados aos estudantes para produzirem seis mapas conceituais; entretanto, nem todos os estudantes entregaram os mapas, resultando em total de 54 mapas conceituais para análise. Esses mapas foram desenvolvidos em diferentes etapas da sequência didática, sendo alguns deles elaborados em sala de aula e outros foram feitos como tarefa de casa. A elaboração dos mapas conceituais consistiu em uma forma de avaliação processual da disciplina e, em dois casos, foi considerado como se fosse uma questão de prova somativa. Vale ressaltar que os mapas conceituais tematizaram conteúdos que o professor de Biologia deve ministrar sobre Genética na Educação Básica e não abordaram todo o conteúdo da disciplina.

Além dos mapas conceituais, os estudantes realizaram dez atividades do tipo quizzes que foram realizadas como tarefa de casa a respeito do conteúdo. A descrição da sequência didática não abarcou os conteúdos ministrados no último mês do curso sobre temas de Biologia Molecular e que foram tratados nos seminários apresentados pelos estudantes.

3.3. Sequência didática

A sequência didática foi dividida em etapas, cada uma com objetivos específicos e as atividades realizadas, descritas no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Descrição de parte da sequência didática da disciplina de graduação acompanhada neste trabalho, com descrição dos momentos em que foram solicitadas as produções de mapas conceituais pela docente responsável pela disciplina.

AULA	OBJETIVO	ATIVIDADES REALIZADAS
Introdução	Apresentação do Curso e revisão de conceitos básicos por meio de uma atividade prática. Atividade prática - simulação dos cruzamentos de Mendel.	- Introdução à disciplina. - Levantamento de conhecimento prévio dos estudantes por meio de uma atividade prática de simulação dos cruzamentos de Mendel.
1	Introduzir os conceitos básicos de Genética a partir da apresentação de uma situação-problema: descoberta de doenças genéticas e métodos utilizados, como sequenciamento. - Atividade prática - uso de mapas conceituais para aprender Genética	- Problematização e revisão dos conceitos básicos em Genética. Estudos de ligação para identificação de mutações associadas às doenças genéticas. - Explicação de como fazer um mapa conceitual; - Elaboração do primeiro mapa conceitual.
2	- Problematização envolvendo o uso de testes genéticos para identificação de mutações associadas às doenças. Apresentação de técnicas moleculares e revisão de padrões de herança mendelianos. Realizar atividade interativa com mapa conceitual e entender as técnicas fundamentais na Biologia Molecular.	- Revisão de aula usando mapa conceitual; com espaços em branco para os estudantes completarem; - Explicação sobre a replicação do DNA e técnicas moleculares (PCR, Eletroforese e Sequenciamento de Sanger) e revisão sobre padrões de herança mendelianos.
3	Continuação do conteúdo com resolução de problemas relacionados às técnicas moleculares e padrões de herança.	- Aula expositivo-dialogada sobre outras técnicas moleculares: eletroforese, PCR e Sequenciamento de Sanger; - Resolução de problemas. - Confecção de mapa conceitual sobre padrões de herança.
4	Avaliação somativa I	- Revisão e esclarecimentos de dúvidas. - Avaliação somativa com uma das questões consistindo na elaboração de um mapa conceitual a partir de 20 conceitos fornecidos previamente.

5	Aprofundar o entendimento sobre outros padrões de herança, conceitos básicos mendelianos e resolução de problemas usando heredogramas.	- Correção da prova; - Aula expositiva-dialogada sobre herança monogênica ou mendeliana, com revisão de conceitos básicos e resolução de problemas.
6	Compreensão da meiose e suas implicações biológicas e resolução de problemas relacionados às doenças cromossômicas.	- Simulação sobre meiose. - Aula expositivo-dialogada sobre meiose com ênfase na recombinação e na não-disjunção de cromossomos. - Elaboração de mapa conceitual sobre meiose.
7	Problematização sobre a terceira lei da Genética (ligação gênica) e estudos de ligação para identificação de mutações. Mapeamento Genético.	- Aula expositiva-dialogada sobre ligação gênica (<i>linkage</i>); - Atividade de resolução de problemas.
8	Avaliação somativa II	- Avaliação somativa com questões do ENADE e de resolução de problemas.
	Revisão sobre meiose e doenças cromossômicas (não-disjunção dos cromossomos). Revisão sobre citogenética e técnicas moleculares relacionadas às mutações cromossômicas.	- Aula expositiva-dialogada a partir de situação-problema. - Resolução de problemas.
9	Entender a influência conjunta de genes e ambiente em características complexas e doenças.	- Aula expositiva sobre herança poligênica e complexa; - Análise de exemplos de doenças multifatoriais; - Atividade prática sobre estudos de gêmeos e conceito de herdabilidade.
10	Compreender os processos de transcrição e tradução em eucariontes.	- Revisão sobre replicação, tradução e transcrição a partir de vídeos. - Atividade prática - Simulação da expressão gênica pelo PhET.
11	Avaliação somativa III.	- Prova somativa; - Confecção de mapa conceitual sobre mecanismos moleculares (replicação do DNA, transcrição e tradução).

3.4. Estratégia Metodológica para análise de mapas conceituais

Neste trabalho, a proposta foi desenvolver uma estratégia metodológica para análise dos mapas conceituais, mostrando a aplicação desse método com a descrição dos resultados da

análise de 54 mapas conceituais sobre conceitos da Genética e Biologia Molecular. Essa estratégia consistiu na classificação das relações entre os conceitos do mapa conceitual, ou seja, a classificação das definições elaboradas pelos estudantes a partir de uma escala tipo Likert de 0 até 5 pontos, conforme apresentado no Quadro 2 abaixo e a utilização de indicadores de aprendizagem.

Quadro 2 - Escala do tipo Likert criada para classificação das relações entre conceitos de uma mapa conceitual.

Pontuação	Descrição da categoria de classificação da relação entre conceitos.
0	O conceito não foi citado.
1	O conceito foi citado, porém, sem a(s) a(s) palavra(s) de ligação.
2	O conceito foi definido e relacionado a outro com palavras de ligação inadequadas ou imprecisas, gerando uma definição equivocada.
3	Foram relacionados dois ou mais conceitos; entretanto, ao menos um deles tem uma imprecisão que prejudica a compreensão dos demais.
4	Os conceitos foram relacionados com palavras de ligação adequadas, dando origem a uma definição adequada ou correta.
5	Um conceito foi relacionado a mais de dois outros, com uso de palavras de ligação adequadas, gerando definições corretas de dois ou mais conceitos.

Os indicadores de aprendizagem consistem na quantificação da utilização de conceitos científicos e palavras de ligação de maneira correta nos mapas conceituais. Assim, foi possível utilizar os seguintes parâmetros:

- 1) **Número de conceitos diferentes citados nos mapas conceituais.** Ao analisar cada um dos mapas, os pesquisadores foram adicionando os conceitos novos que eram mencionados pelos estudantes.
- 2) **Número de conceitos citados em cada mapa conceitual e número total de conceitos citados (por mapa ou por estudante).** Uma das perguntas que buscamos responder foi se haveria associação entre o número de conceitos utilizados pelos estudantes e seu desempenho na disciplina. Em alguns casos, os mapas foram elaborados a partir de um número mínimo de conceitos previamente estabelecidos pela docente da disciplina; entretanto, nem sempre os estudantes conseguiam utilizar todos

os conceitos sugeridos. Entretanto, na maior parte das vezes, o estudante poderia incluir no mapa quantos conceitos considerasse pertinente.

3) Número de definições adequadas em um mapa e no conjunto de mapas. As relações entre os conceitos foram classificadas segundo a escala tipo Likert descrita acima. Assim, as definições classificadas de 1 até 5 foram recodificadas em escala binária, sendo as definições classificadas como 1 até 3 consideradas como equivocadas ou erradas; e as definições classificadas como 4 e 5 foram consideradas como adequadas ou corretas sob o ponto de vista científico. Dessa maneira, foi possível mensurar o número de definições adequadas de cada um dos conceitos citados pelos estudantes nos mapas conceituais.

4) Índice de precisão conceitual. Esse índice representa a proporção (%) de relações entre conceitos descritas de maneira adequada sobre o total de definições utilizadas em um mapa conceitual, no conjunto dos mapas, por estudante ou pelo conjunto de estudantes.

5) Proporção de conceitos utilizados. Porcentagem de conceitos utilizados sobre o total de conceitos citados por mapa, pelo estudante ou no conjunto de mapas ou estudantes.

3.5. Variáveis e análise estatística

As variáveis de agrupamento e dependentes deste estudo são aquelas descritas anteriormente (número de conceitos diferentes, número total de conceitos, números de definições adequadas dos conceitos e o índice de precisão conceitual). Para descrição do perfil da população, foram utilizadas variáveis sociodemográficas como o sexo do estudante, se o estudante estudou em escola pública ou privada durante a Educação Básica, se é um estudante trabalhador; algumas variáveis que representavam aspectos motivacionais, como se o estudante gosta de Genética e se havia sido aprovado ou não na disciplina sobre Genética Geral ministrada no semestre anterior. E foram utilizadas algumas variáveis relativas ao desempenho acadêmico, como a mediana de aproveitamento em quizzes e nas avaliações somativas.

A análise estatística foi realizada a título de estudo-piloto a fim de exemplificar como a metodologia desenvolvida pode ser utilizada para analisar a aprendizagem dos estudantes; tendo em vista que a amostra deste estudo considerou apenas 13 estudantes e 54 mapas conceituais. O fato de o número de estudantes ser menor do que 30, então foi necessário fazer as análises usando a estratégia de bootstrap e testes não-paramétricos. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney, considerando os valores significativos com p-valor igual ou maior a 10%. As

análises aqui presentes foram realizadas como uma abordagem preliminar, visando orientar estudos futuros com uma amostra maior.

3. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho consistem na descrição da análise estatística que foi realizada a título de exemplificação ou em caráter preliminar, tendo em vista a limitação do tamanho da população de estudantes. Foram incluídos alguns mapas conceituais elaborados pelos estudantes com comentários a respeito da sua organização, evolução e precisão conceitual a fim de exemplificar os achados.

A Tabela 1 mostra o perfil dos estudantes. A distribuição de gênero foi de 69,2% para o sexo masculino e 30,8% para o feminino. A maioria dos estudantes cursou o Ensino Médio em escola pública, representando 76,9% do total. Além disso, 69,2% dos estudantes indicaram que trabalham em horário comercial. Em relação à motivação, 61,5% afirmaram gostar da disciplina de Genética; no entanto, 76,6% foram reprovados na disciplina de Genética Geral. Quanto às estratégias de estudo, anotações nas aulas, assistir vídeos e fazer leitura de livros e artigos, representou a maior parte com 92,3%, 61,5% e 53,8%, respectivamente. A média de idade dos estudantes foi de $21 \pm 4,8$ anos.

Tabela 1 – Perfil da amostra populacional

Perfil da população		n	%
Sexo	Feminino	4	30,8%
	Masculino	9	69,2%
Instituição - Educação Básica	Instituição Pública	10	76,9%
	Instituição Privada	3	23,1%
Trabalha	Não	4	30,8%
	Sim	9	69,2%
Motivação - Gosta de Genética	Não	5	38,5%
	Sim	8	61,5%
Motivação - Aprovado na Genética Geral	Não	10	76,9%
	Sim	3	23,1%
Faz anotações das aulas	Não	1	7,7%
	Sim	12	92,3%
Assiste vídeos sobre o assunto	Não	5	38,5%

	Sim	8	61,5%
Faz leitura de livros e artigos	Não	6	46,2%
	Sim	7	53,8%
Faz resumos	Não	9	69,2%
	Sim	4	30,8%
Elabora mapas conceituais ou mentais	Não	9	69,2%
	Sim	4	30,8%

No total, foram utilizados 111 conceitos diferentes nos 54 mapas conceituais analisados. Entre as 761 citações feitas pelos estudantes, 390 foram consideradas adequadas, resultando em uma média de índice de precisão conceitual de 53%, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição de conceitos e desempenho de precisão conceitual.

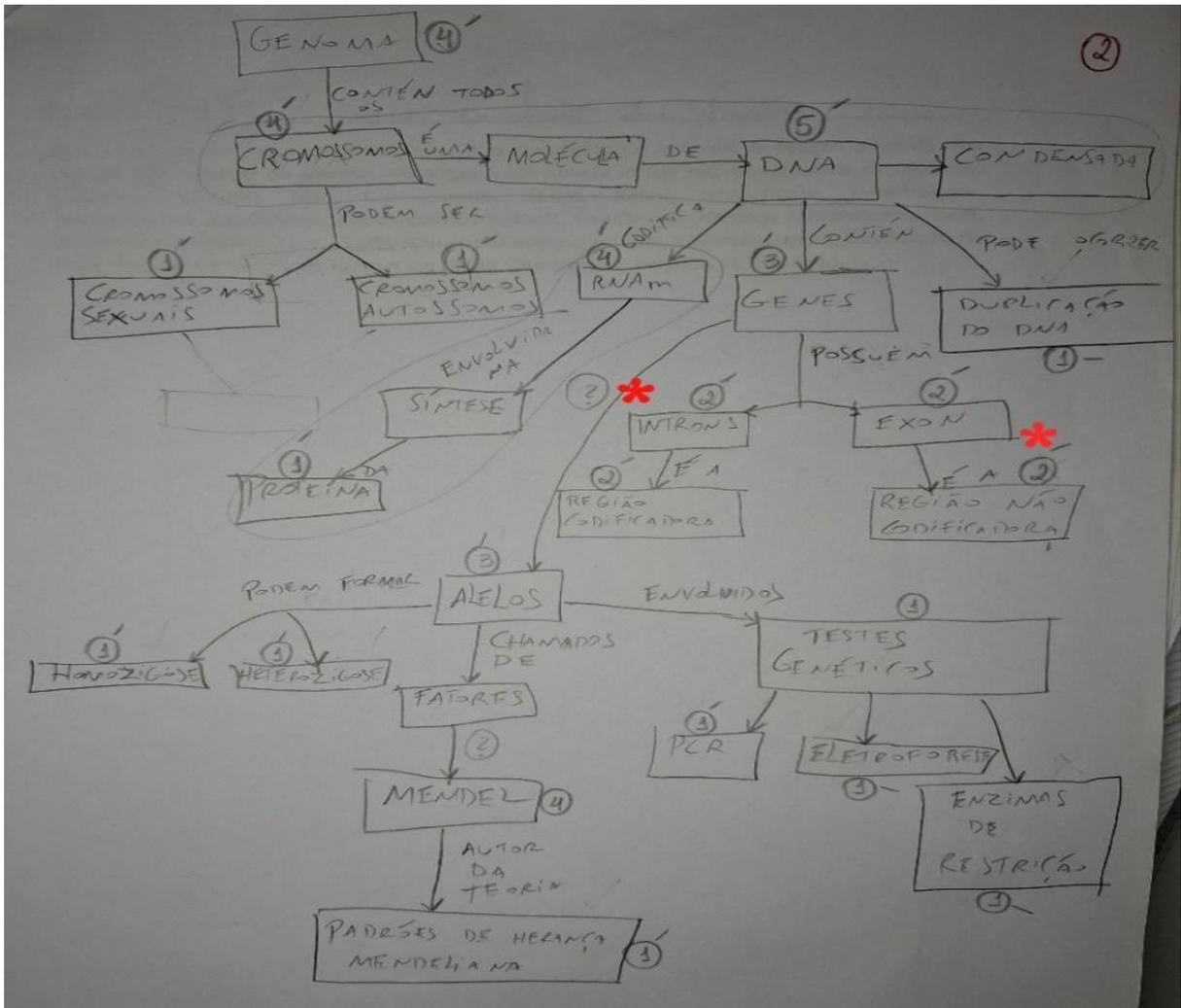
Número de conceitos citados	111 conceitos
Total de citações	761 citações
Definições adequadas	390 corretas
Média do índice de precisão conceitual	53%
Total de mapas	54 mapas

Nos apêndices deste trabalho, incluímos uma tabela com pontuação conforme a escala de *Likert* para cada um dos 111 conceitos citados pelos estudantes (Tabela Suplementar 1, Apêndice 2). A proporção de conceitos definidos corretamente variou entre 0% e 52%, com a média do índice de precisão conceitual igual a 53%. Na maioria dos casos em que a precisão foi de 0% ou 100%, os conceitos foram citados apenas uma vez, sendo aplicados de forma incorreta ou correta, respectivamente. Um total de 25 conceitos foram citados até 10 vezes, com uma média de precisão conceitual igual a 44%. Os 10 conceitos mais citados foram os seguintes: DNA, Genes, Alelos, Cromossomo, Proteína, Homozigose, Heterozigose, Íntron, Meiose e Cromossomo Autossômico. Esses conceitos foram vistos principalmente no primeiro mapa, que abrangeu os conceitos básicos de Genética e serviu como base para o desenvolvimento dos tópicos posteriores da disciplina. Essa frequência sugere que os conceitos introdutórios foram incorporados pelos estudantes, auxiliando para o entendimento dos conteúdos mais complexos ao longo do curso. Entre os conceitos citados até 10 vezes, aqueles com maior grau de precisão foram: cromossomo (64%), mRNA (62%), metáfase I e genes (60%), éxon (59%), padrões de

herança (56%), PCR (55%), recessivo (54%), DNA (52%) e, com 50% cada, alelo, íntron e meiose.

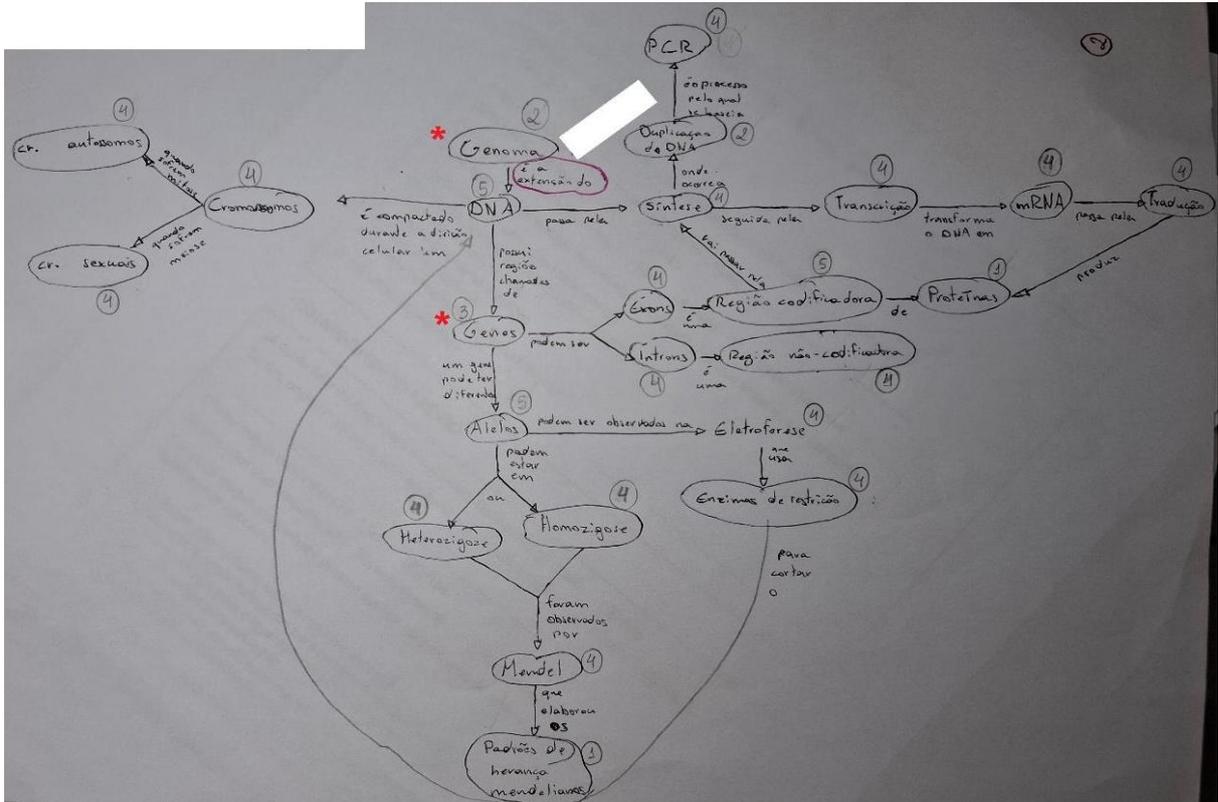
Exemplos de termos imprecisos podem ser observados nas Figuras 4, 5 e 6, que ilustram o mapa conceitual 2 dos estudantes 3, 6 e 9, respectivamente. Algumas dessas proposições foram: “genoma é a extensão do gene”; “genes podem ser éxons e íntrons”; “íntron é a região codificadora”; “éxon é a região não codificadora”; “alelos formam um gene”; “enzima de restrição existe uma forma de analisar alelos para ver se uma pessoa tem a doença que é através da eletroforese”; “RNA mensageiro codifica uma proteína”; “RNA manda mensagem para o ribossomo RNA mensageiro”.

Figura 4 – Mapa 2 do Estudante 3.



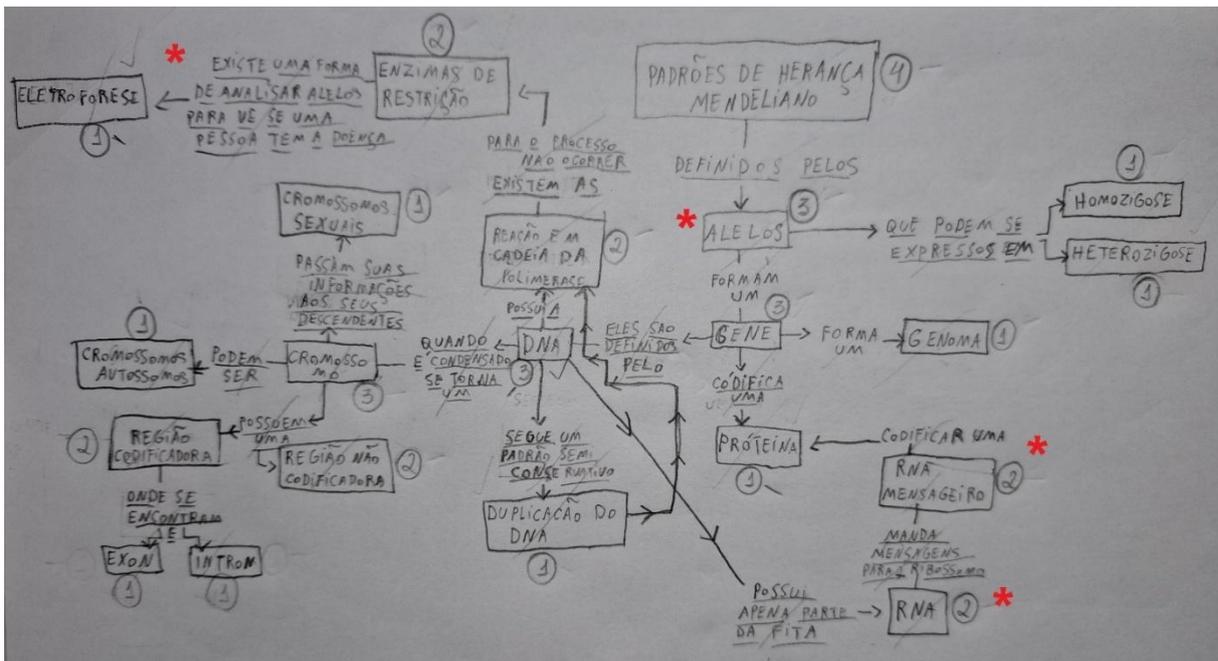
Legenda: * = erros encontrados.

Figura 5 – Mapa 2 do Estudante 6.



Legenda: * = erros encontrados.

Figura 6 – Mapa 2 do Estudante 9.



Legenda: * = erros encontrados.

Com base nesses exemplos de termos imprecisos, os estudantes demonstraram algumas dificuldades na compreensão de conceitos fundamentais que foram vistos no início da disciplina. O mapa conceitual foi uma ferramenta útil para identificar esses erros específicos e trabalhar melhor com eles ao longo da disciplina.

A Tabela 3 mostra os erros, acertos e o total de citações para cada mapa; sendo apresentados o índice de precisão conceitual e a proporção de conceitos utilizados por mapa. O mapa com o maior índice de precisão conceitual foi o mapa 6, com 71,05%, seguido pelo mapa 3 com 62,79%, mapa 4 com 56,96% e mapa 5 com 51,39%. Os mapas 1 e 2 apresentaram os menores índices de precisão conceitual, com 38,74% e 38,64%, respectivamente. No entanto, apesar de o mapa 2 ter o menor índice de precisão, ele foi o que apresentou o maior número de conceitos utilizados, representando 28,91% do total. Esse resultado deve-se ao fato de que, nesse mapa, os conceitos foram previamente fornecidos, totalizando 20 termos.

Tabela 3 – Precisão conceitual por mapa conceitual.

			Índice de precisão conceitual (Acertos/total)	Proporção de conceitos utilizados (Total/N=761)
Mapa 1	Erros	68	38,74%	14,59%
	Acertos	43		
	Total de citações	111		
Mapa 2	Erros	135	38,64%	28,91%
	Acertos	85		
	Total de citações	220		
Mapa 3	Erros	32	62,79%	11,30%
	Acertos	54		
	Total de citações	86		
Mapa 4	Erros	68	56,96%	20,76%
	Acertos	90		
	Total de citações	158		

Mapa 5	Erros	35	51,39%	9,46%
	Acertos	37		
	Total de citações	72		
Mapa 6	Erros	33	71,05%	14,98%
	Acertos	81		
	Total de citações	114		

Na Tabela 4, é demonstrado o índice de precisão conceitual comparativamente por estudante. O número de mapas elaborados pelos estudantes variou de apenas 1 até 6 mapas. A frequência de conceitos variou de 9 até no máximo de 17 conceitos por mapa; sendo que o índice de precisão conceitual variou de 9,09% até no máximo de 68,18% mostrando uma variabilidade expressiva entre os estudantes.

Tabela 4 – Análise do uso e precisão de conceitos nos mapas por estudante

Estudante	Classe	Total de Conceitos citados nos mapas	Nº de mapas elaborados	Frequência relativa (conceitos por mapa)	Índice de precisão conceitual (Acertos/Total)	Frequência comparada (Total/Máximo)
1	Erros	12	3	11	64,71%	34,00%
	Acertos	22				
	Total	34				
2	Erros	37	6	17	63,00%	100,00%
	Acertos	63				
	Total	100				
3	Erros	36	5	13	45,45%	66,00%
	Acertos	30				
	Total	66				
4	Erros	17	1	20	15,00%	20,00%
	Acertos	3				
	Total	20				
5	Erros	12	2	12	47,83%	23,00%

	Acertos	11				
	Total	23				
6	Erros	32	5	16	60,00%	80,00%
	Acertos	48				
	Total	80				
7	Erros	19	4	14	66,07%	56,00%
	Acertos	37				
	Total	56				
8	Erros	28	6	15	68,18%	88,00%
	Acertos	60				
	Total	88				
9	Erros	52	4	17	23,53%	68,00%
	Acertos	16				
	Total	68				
10	Erros	40	4	11	9,09%	44,00%
	Acertos	4				
	Total	44				
11	Erros	42	6	17	57,58%	99,00%
	Acertos	57				
	Total	99				
13	Erros	22	5	9	51,11%	45,00%
	Acertos	23				
	Total	45				
14	Erros	22	3	13	42,11%	38,00%
	Acertos	16				
	Total	38				
			Média	14	47,20%	58,54%

Nessa análise, o estudante que fez mais citações de conceitos totalizou 100 citações. Este número foi utilizado como referência para mensurar a frequência comparada dos conceitos.

O estudante que citou 100 conceitos obteve a frequência máxima de 100%; sendo as frequências dos demais proporcionais a esta referência, conforme mostrado na Tabela 4.

O estudante de referência, identificado como estudante 2 (E2), foi responsável por alcançar a frequência máxima de citação de conceitos (100%). É possível observar seu progresso nas Figuras 7 e 8, que correspondem ao mapa 1 e ao mapa 6, respectivamente.

Figura 7 – Mapa 1 do Estudante 2.

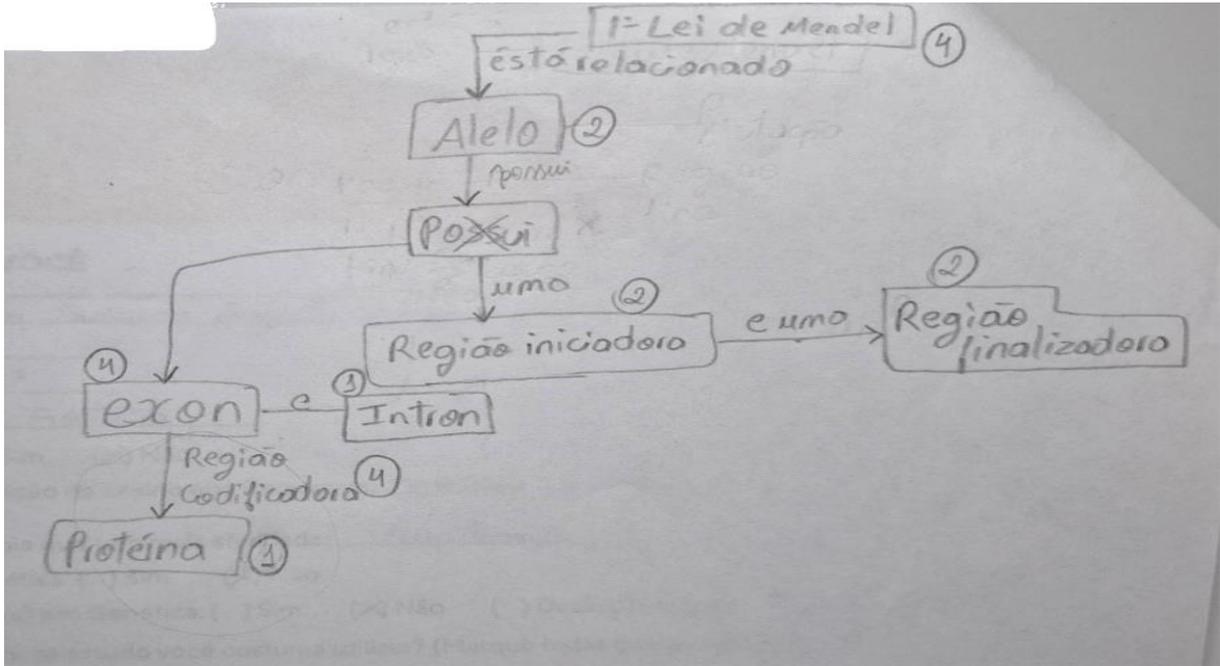
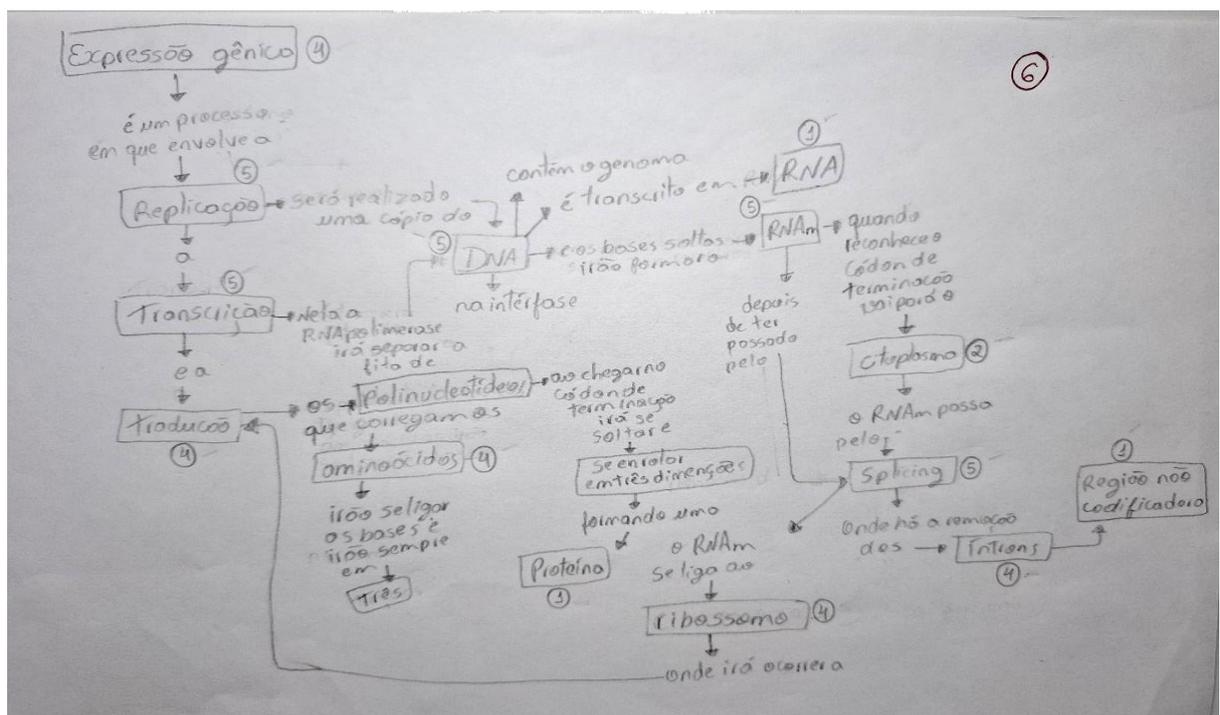


Figura 8 – Mapa 6 do Estudante 2.



O E8, com 88% de frequência, alcançou uma precisão conceitual de 68,15%, enquanto o E6, que produziu cinco mapas, obteve uma frequência de 80% e uma precisão conceitual de 60%. O E13 obteve um índice de precisão conceitual de 51,11%, já que utilizou os termos corretos, embora o formato inicial não fosse de um mapa conceitual (Fig. 12). Nos dois últimos mapas, E13 elaborou o material com caixas e palavras de ligação, aproximando-se mais do formato adequado. Vale ressaltar que este estudante entregou o Mapa 5 antes do Mapa 4, que aborda o tema meiose (Fig. 13).

Figura 12 – Mapa 5 do E13.

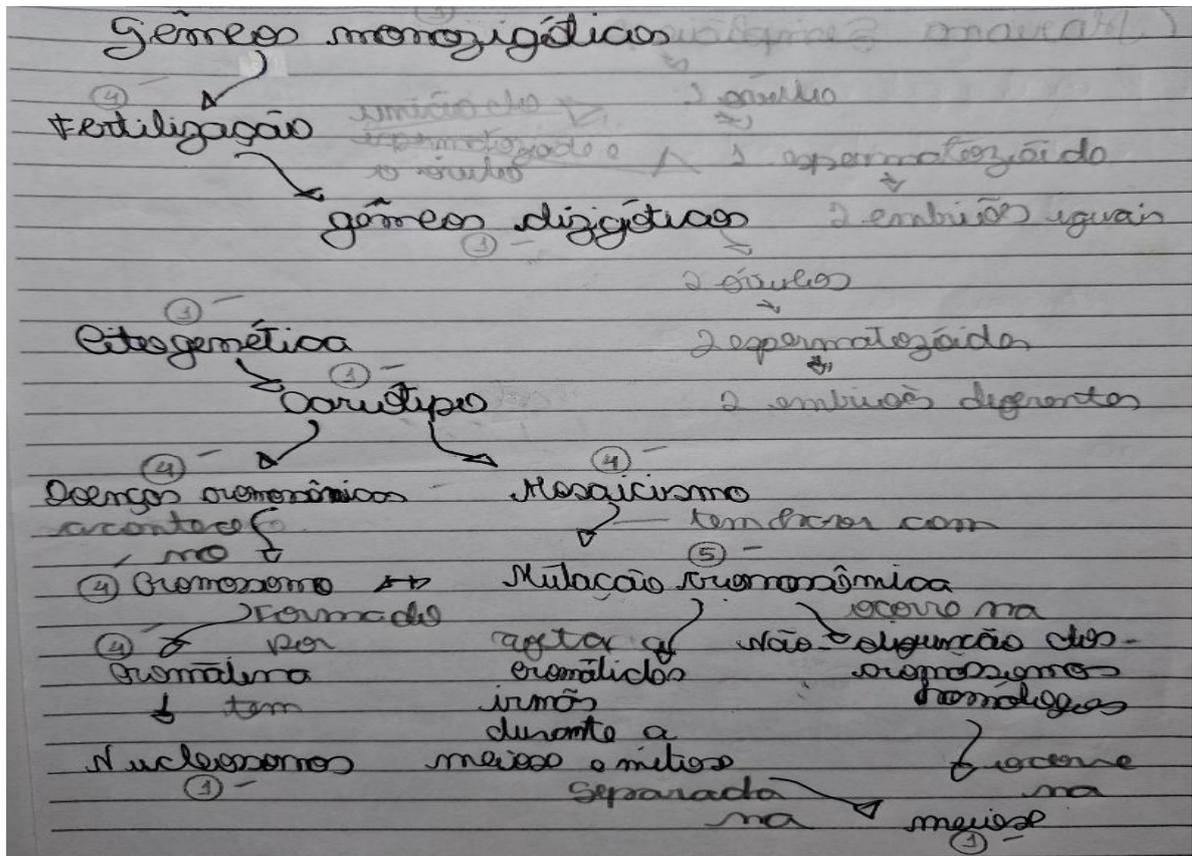
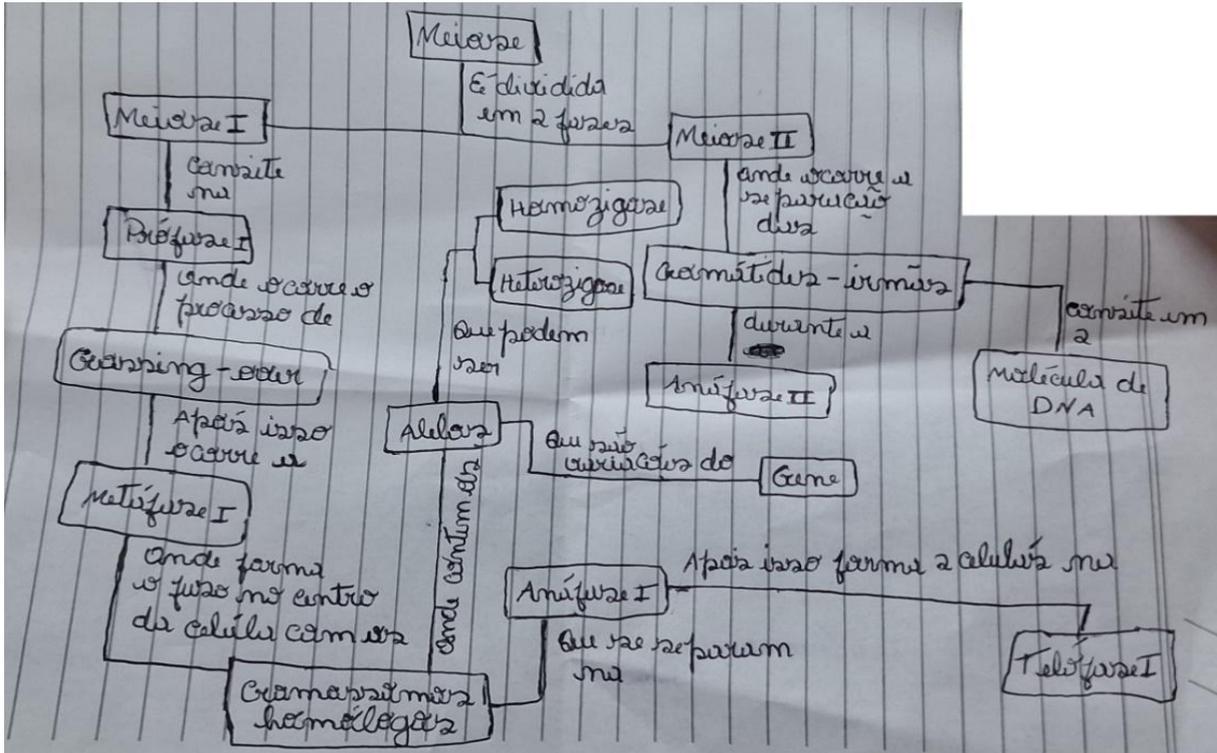


Figura 13 – Mapa 4 do E13.



A Tabela 5 mostra os índices de precisão conceitual, média da avaliação somativa, proporção de acerto no *quizzes* e proporção de presença nas aulas. Esses índices foram avaliados com base na mediana, utilizando o teste U de Mann-Whitney. Além dos índices mencionados, os dados também foram comparados com variáveis categóricas incluindo sexo, instituição de ensino frequentada, situação de trabalho, interesse pela disciplina de Genética, aprovação em Genética Geral e os métodos que utiliza para estudar. Foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,10$.

Observou-se que a instituição frequentada pelos estudantes teve uma relação significativa com a proporção de acertos no *quizzes* e a frequência nas aulas. Os estudantes de instituições privadas se mostraram mais ausentes e faziam menos as tarefas. Além disso, a aprovação em Genética Geral tem relação significativa com a média da avaliação somativa, inferindo que os estudantes aprovados anteriormente tendem a ter um desempenho melhor, provavelmente por possuírem uma base sólida de conhecimentos fundamentais na área, podendo ser utilizada na disciplina atual.

Tabela 5 – Comparação dos índices utilizados com Teste U de Mann Whitney

		Índice de precisão conceitual			Teste U	Média de avaliação somativa			Teste U	Proporção acertos nos quizzes			Teste U	Proporção presença nas aulas			Teste U
		Mín.	Med.	Máx.	p	Mín.	Med.	Máx.	p	Mín.	Med.	Máx.	p	Mín.	Med.	Máx.	p
Sexo	Feminino	47,83	57,06	64,71	0,414	55,7	71,9	89,8	0,604	51,8	61,1	70,0	0,330	66,7	73,3	100,0	0,604
	Masculino	9,09	45,45	68,18		49,8	84,3	100,0		52,7	60,4	82,4		60,0	93,3	100,0	
Instituição - Educação Básica	Instituição Pública	9,09	52,70	68,18	1,000	49,8	84,7	100,0	0,573	52,7	68,7	82,4	0,077*	66,7	93,3	100,0	0,028*
	Instituição Privada	42,11	51,11	64,71		55,7	76,0	89,8		51,8	54,7	59,0		60,0	66,7	73,3	
Trabalha	Não	23,53	55,41	68,18	0,604	58,7	84,3	85,0	0,710	60,4	68,7	76,4	0,414	73,3	93,3	100,0	0,330
	Sim	9,09	51,11	66,07		49,8	89,8	100,0		51,8	57,7	82,4		60,0	76,7	100,0	
Motivação - Gosta de Genética	Não	15,00	51,11	63,00	0,833	54,5	58,7	90,7	0,284	54,7	67,4	78,3	1,000	66,7	73,3	100,0	0,622
	Sim	9,09	52,73	68,18		49,8	87,1	100,0		51,8	59,7	82,4		60,0	93,3	100,0	
Motivação - Aprovado na Genética Geral	Não	9,09	46,64	68,18	0,287	49,8	80,1	96,5	0,077*	52,7	59,7	78,5	0,573	60,0	85,0	100,0	0,469
	Sim	57,58	60,00	64,71		89,8	90,7	100,0		51,8	78,3	82,4		73,3	93,3	100,0	
Faz anotações das aulas	Não	60,00	60,00	60,00	0,769	100,0	100,0	100,0	0,154	82,4	82,4	82,4	0,154	100,0	100,0	100,0	0,154
	Sim	9,09	49,47	68,18		49,8	84,3	96,5		51,8	59,7	78,5		60,0	85,0	100,0	
Assiste a vídeos sobre o assunto	Não	42,11	63,00	68,18	0,093*	76,0	85,0	100,0	0,435	51,8	67,4	82,4	0,724	60,0	93,3	100,0	0,524
	Sim	9,09	46,64	66,07		49,8	71,5	96,5		52,7	59,0	78,5		66,7	85,0	93,3	
Faz leitura de livros e artigos	Não	15,00	54,34	66,07	0,731	54,5	90,3	96,5	0,534	51,8	55,8	78,5	0,234	66,7	83,3	93,3	0,445
	Sim	9,09	47,83	68,18		49,8	84,2	100,0		57,7	67,4	82,4		60,0	93,3	100,0	
Faz resumos	Não	9,09	51,11	68,18	1,000	49,8	84,3	100,0	0,940	51,8	60,4	82,4	0,825	60,0	93,3	100,0	0,710

	Sim	15,00	52,70	66,07		54,5	74,7	94,5		52,7	63,4	78,3		66,7	83,3	93,3	
Elabora mapas conceituais ou mentais	Não	15,00	51,11	68,18	0,710	54,5	84,2	100,0	0,710	52,7	70,0	82,4	0,330	60,0	93,3	100,0	0,604
	Sim	9,09	43,26	64,71		49,8	84,7	89,8		51,8	59,0	67,4		73,3	85,0	100,0	

Legenda: Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo; Med. = Mediana.

Na Tabela 6, considerou parâmetros dicotômicos para análise, considerando 60% de aproveitamento para parâmetros de aprendizagem e 70% para frequência nas aulas. Esperava-se uma diferença significativa em relação às avaliações somativas 1, 2 e 3 com relação à média, tendo em vista que os primeiros parâmetros foram utilizados para composição do segundo. Um achado interessante foi a associação entre o índice de conceitos usados e a média da avaliação somativa. Ou seja, os estudantes que utilizaram um maior número de conceitos possuíram uma mediana de desempenho maior ($p=0,051$). Isso indica que tanto o domínio quanto a quantidade de conceitos aplicados têm relação no desempenho das avaliações somativas.

Tabela 6 – Análise de precisão conceitual e desempenho acadêmico

		Índice de precisão conceitual			Test U	Média de avaliação somativa			Test U
		Mín.	Máx.	Med.	p	Mín.	Máx.	Med.	p
Índice de conceitos usados	≤60	9,09	66,07	47,83	0,445	49,8	94,5	58,7	0,051*
	≥60	23,53	68,18	58,79		84,2	100,0	87,9	
Conceito na prova 1	≤60	9,09	51,11	15,00	0,077*	49,8	55,7	54,5	0,007*
	≥60	23,53	68,18	58,79		58,7	100,0	87,4	
Conceito na prova 2	≤60	9,09	51,11	47,83	0,279	49,8	58,7	55,7	0,012*
	≥60	23,53	68,18	58,79		76,0	100,0	87,9	
Conceito na prova 3	≤60	9,09	47,83	28,46	0,178	49,8	58,7	54,3	0,089*
	≥60	23,53	68,18	58,79		55,7	100,0	87,4	
Número de quizzes feitos	≤60	23,53	64,71	44,12	1,000	84,3	89,8	87,1	0,769
	≥60	9,09	68,18	51,11		49,8	100,0	84,2	
Proporção acertos nos quizzes	≤60	9,09	66,07	46,61	0,534	49,8	94,5	65,9	0,138
	≥60	23,53	68,18	57,58		58,7	100,0	85,0	
Proporção presença nas aulas	≤70	15,00	51,11	42,11	0,217	54,5	76,0	55,7	0,770
	≥70	9,09	68,18	58,79		49,8	100,0	87,4	

Legenda: Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo; Med. = Mediana.

4. DISCUSSÃO

Este trabalho descreveu uma estratégia metodológica para análise da precisão conceitual de mapas conceituais, fazendo algumas associações com desempenho acadêmico e outros fatores que influenciam na aprendizagem. Os estudantes que utilizam mais conceitos e de maneira mais precisa também mostram ter desempenho acadêmico melhor nas avaliações somativas; evidenciando que a precisão na definição de conceitos pode ser um elemento importante na resolução de problemas e tomada de decisão. Esses achados, entretanto, devem ser investigados em estudos futuros em virtude da limitação do tamanho da nossa amostra.

Este trabalho se diferencia de outros já publicados na literatura em relação à estratégia metodológica utilizada na análise dos mapas. Trindade e Hartwig (2012) utilizaram mapas confeccionados pelos próprios autores, os mapas de referência, para comparação com os mapas produzidos pelos estudantes. Quanto mais semelhantes foram os mapas dos estudantes ao de referência, maior é o conceito atribuído ao mapa. Esse método sugere que existiria um mapa padrão ideal ou desconsidera a diversidade e criatividade associadas à elaboração de mapas conceituais, uma vez que o mapa de referência fornece um único modelo como padrão. Além disso, os autores criaram uma lista com os conceitos que deveriam estar presentes, entretanto, não a forneceram aos estudantes. A lista serviu como uma métrica de pontuação: se o mapa incluísse de 7 a 12 conceitos, por exemplo, o estudante receberia 0,5 pontos, o que representava 25% dos conceitos da lista. O uso de categorias e proposições apenas em comparação ao mapa de referência limita o processo de avaliação, que poderia ser mais valioso se fosse focado nas conexões e interpretações dos estudantes.

Entendemos que uma boa avaliação deveria focar em compreender como o estudante pensa ao elaborar seu próprio mapa, uma vez que essa construção pode refletir o entendimento sobre os conceitos e diversidade de relações entre os conceitos e hierarquização. Nos mapas produzidos pelos diferentes estudantes neste trabalho há diversidade de organização e de relação entre os conceitos, evidenciando que a compreensão sobre a Genética não é única.

Soares e Correia 2023 utilizaram os mapas como avaliação diagnóstica e adotou uma metodologia diferente para trabalhar que consistia em utilizar mapas feitos pelo professor da disciplina; porém contendo erros, os quais os estudantes deveriam identificar. Esse método apresenta desvantagens ao tornar o professor mapeador e não mais o estudante. Dessa forma, foca mais nos erros do que na compreensão. O aprendizado se torna mais significativo quando o estudante cria o próprio mapa, pois o processo de mapeamento pode auxiliar o estudante a explicitar a maneira como compreende um determinado conteúdo.

Já a metodologia descrita por Rosa (2017) consiste em uma análise de fragmentos dos mapas, examinando cada ligação e buscando relações que evidenciem as concepções dos estudantes. Essa abordagem qualitativa baseia-se nos conceitos utilizados e na hierarquização proposta por Moreira (2012), permitindo uma avaliação mais detalhada das compreensões e dificuldades dos estudantes. Embora esse tipo de análise criteriosa forneça uma visão mais clara do entendimento e dificuldades dos estudantes, acaba sendo um processo mais trabalhoso.

Em outras abordagens para avaliação dos mapas conceituais (Alves et. al, 2020; Dantas et al., 2017; Bergan-Roller et al., 2018; Trindade e Hartwig 2012), os autores dão um conceito ou pontuação para cada mapa a partir de uma lista de critérios que é relativamente subjetiva; com isso, não é possível compreender exatamente como avaliar os mapas, apontando com clareza para os estudantes o que está equivocado. Os autores avaliam o mapa como um todo, sem analisar cada conceito individualmente, o que pode dificultar a identificação das dificuldades específicas dos estudantes.

Neste trabalho, mostramos que, ao longo da sequência didática, os mapas conceituais ganham mais complexidade e precisão; indicando que a elaboração de mapas é uma competência que pode ser aperfeiçoada no processo formativo. Esse resultado foi corroborado por Alves et al. (2020), que utilizaram os mapas conceituais no ensino das propriedades coligativas das soluções, envolvendo uma turma do segundo ano do Ensino Médio. Após a intervenção didática, os autores observaram uma evolução na qualidade dos mapas produzidos pelos estudantes evidenciando a aprendizagem significativa e mais aprofundada dos conceitos. Os autores destacaram a importância dos mapas como uma estratégia para acompanhar o progresso e a evolução da aprendizagem dos estudantes (Alves et. al, 2020).

A elaboração do mapa conceitual em si é uma situação-problema para o estudante, tendo em vista que ele precisa mobilizar conhecimentos e articulá-los na montagem do mapa. Além disso, o mapa conceitual pode servir como ferramenta metacognitiva, na medida em que permite ao estudante se deparar com o que sabe e o que não sabe. Dantas et al. (2017) utilizaram os mapas conceituais em uma sequência didática sobre energia, envolvendo uma turma do Ensino Médio. Os autores relataram que a problematização do conteúdo associado à elaboração dos mapas conceituais possibilitou a aprendizagem significativa dos conteúdos. Além disso, este estudo evidenciou que o uso dos mapas conceituais pode ser uma estratégia didática importante para o professor na Educação Básica.

Um dos princípios da aprendizagem significativa é a ancoragem de conhecimentos novos sobre os pré-existentes ou já familiares para os estudantes. Neste trabalho, observamos que alguns conceitos foram mais citados do que outros; e alguns eram mais fáceis de serem

definidos porque já eram familiares aos estudantes. Os conceitos novos que não têm ligação com conceitos já conhecidos tendem a ser esquecidos ou ignorados pelos estudantes nos mapas conceituais. Esse achado também foi observado por Bergan-Roller et al. (2018), em um estudo com estudantes universitários, cujos mapas conceituais ajudaram a ancorar novos conhecimentos a conceitos previamente adquiridos, facilitando a organização do conhecimento sobre respiração celular.

Na teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel, os conceitos precisam ter significado e devem fazer sentido para os estudantes; e isto diferencia este tipo de aprendizagem da memorização. Por essa razão, os mapas conceituais podem ser utilizados como estratégia de aprendizagem de novos conceitos e ancoragem ao conhecimento pré-existente, como ferramenta indutora de metacognição e para avaliação da aprendizagem. Por exemplo, Silva e colaboradores (2020) utilizaram mapas conceituais sobre Biologia Celular com uma turma do primeiro semestre do curso de graduação em Ciências Biológicas. O mapa abrangeu a origem, a composição química e o metabolismo, sendo utilizado como ferramenta didática e avaliativa. A análise dos mapas confeccionados pelos estudantes mostrou que essa abordagem foi eficaz para promover a aprendizagem significativa, além de contribuir para a organização do conhecimento sobre as células. Dessa maneira, os mapas conceituais no ensino de Ciências e Biologia, e nas demais áreas, podem contribuir para desenvolvimento do pensamento crítico e a integração de novos conhecimentos, utilizando uma abordagem mais ativa e participativa do aprendizado.

A elaboração de mapas conceituais não é um procedimento complexo que demanda a compreensão sobre o que é um conceito e o que seriam as palavras de ligação que dão origem às proposições. Além disso, a elaboração de mapas pode ser compreendida como uma competência ou habilidade que precisa ser estimulada para ser desenvolvida. Ou seja, uma pessoa aprende a fazer mapas fazendo; somente o estímulo à elaboração de mapas pode permitir o desenvolvimento da competência de fazer os mapas. É uma competência de natureza prática que não se substitui pela apresentação teórica. Dessa maneira, para que os professores da Educação Básica passem a utilizar os mapas conceituais em sala de aula é necessário que essa competência seja desenvolvida ao longo do período de formação na graduação.

Neste trabalho, não foi possível utilizar estratégias como entrevistas semiestruturadas com os estudantes para investigar a compreensão deles sobre os mapas conceituais e como o desafio de fazer mapas contribuiu para a aprendizagem. Em estudos futuros, seria interessante acompanhar uma ou várias turmas ao longo do processo de formação, em estudos do tipo caso-controle ou de coorte longitudinal, para entender com mais clareza de que maneira a

competência de fazer mapas conceituais pode ser estimulada e desenvolvida, assim como a relação entre essa competência e a aprendizagem. Não há estudos na literatura com desenhos metodológicos que permitam investigar especificamente a contribuição dos mapas conceituais, tendo em vista a diversidade de recursos e de variáveis que podem influenciar na aprendizagem.

As limitações deste trabalho, como já foram em parte apresentadas, diz respeito ao desenho metodológico e a amostra de participantes. Embora tenham sido analisados 54 mapas conceituais; esses foram produzidos por apenas 13 estudantes de tal maneira que não foi possível esclarecer como os mapas conceituais influenciam a aprendizagem. Entretanto, a estratégia proposta neste trabalho pode ser utilizada em estudos futuros, com amostras maiores, a fim de investigar como o uso desses recursos didáticos contribuem para aprendizagem e metacognição.

Dessa maneira, o presente trabalho ofereceu uma metodologia prática de diagnosticar o entendimento e dificuldade dos estudantes através dos mapas conceituais. Essa abordagem permite um olhar mais detalhado para as definições de cada conceito e as relações entre os conceitos, revelando compreensões equivocadas dos estudantes que precisam ser melhor trabalhadas em sala de aula pelos professores.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho destacou a importância do uso dos mapas conceituais como uma ferramenta para promover a aprendizagem significativa, especialmente no ensino de Biologia Molecular e na formação de professores. Além disso, a metodologia desenvolvida permitiu uma análise criteriosa e rápida dos conceitos usados, sendo possível avaliar o entendimento e as dificuldades dos estudantes ao longo do curso. Estudos futuros devem ser realizados com uma população amostral maior, o que permitirá fazer generalizações sobre como os mapas conceituais influenciam na aprendizagem significativa e letramento científico da população.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. L.; FILHO, J. R. F.; FREITAS, K. C. S.; FREITAS J. R. Elaboração e avaliação de mapas conceituais como estratégia de ensino no estudo das propriedades coligativas das soluções. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, p. 302-323, 2020.
- ARAUJO, G. L. O ensino de conceitos básicos da Genética: uma comparação entre a metodologia ativa, baseada no ensino investigativo empregando a realidade aumentada, e a metodologia expositiva tradicional. **Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia)** — Universidade de Brasília, Brasília. 2022.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: **Paralelo Editora**, 2003.
- BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. Ensino de Genética no Ensino Médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Praxis**, v. 9, p. 95-102.
- BERGAN-ROLLER, H. E.; GALT N. J.; HELIKAR, T.; DAUER, J. T. Using concept maps to characterise cellular respiration knowledge in undergraduate students. **Journal of Biological Education**, v. 54, p. 33–46, 2018.
- BRANCO, P. V. C.; CASTRO, M. S.; SILVA, V. L. M. O desafio de ensinar e aprender Genética em uma escola pública de Ensino Fundamental. **Pesquisa em Foco**, v. 24, p. 121-141, 2019.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. 2017.
- COSTAMAGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 19, p. 309-318, 2001.
- DANTAS, C. R. S.; GERMANO, M. G.; MOITA, F. M. G. S. C. Mapas conceituais como instrumento de avaliação na construção de conceitos sobre Energia com alunos do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, p. 126-144, 2017.
- DAVIES, M. Concept mapping, Mind Mapping and Argument mapping: what are the differences and do they matter? **Higher Education**, v. 62, p. 279–301, 2011.
- EKINCI, S.; ŞEN, A. I. Investigating grade-12 students' cognitive structures about the atomic structure: a content analysis of student concept maps. **International Journal of Science Education**, v. 42, p. 977-996, 2020.
- GALIAN, C. V. A; PIETRI, E.; SASSERON, L. H. Modelos de professor e aluno sustentados em documentos oficiais: dos PCNS à BNCC. **Educação em Revista**, v. 37, p. e25551, 2021.
- KAMPOURAKIS, K. Making sense of genes. **Cambridge**: Cambridge University Press, 2017.
- KINCHIN, I. M. Concept Mapping as a Learning Tool in Higher Education: A Critical Analysis of Recent Reviews. **The Journal of Continuing Higher Education**, v. 62, p. 39–49, 2014.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and Inheritance – Do students see any relationship? **Journal of Biological Education**, v. 22, p. 177–195, 2000.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: **Editora Livraria da Física**, 2011.

- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. Learning how to learn. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1984.
- RUIZ-MORENO, L.; SONZOGNO, M. C.; BATISTA, S. H. S.; BATISTA, N. A. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. **Ciência & Educação**, v. 13, p. 453-463, 2007.
- SANTOS, F. S.; et al. Sequência didática fundamentada na neurociência para o ensino de genética. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, p. 359-383, 2020.
- SILVA, A. P. Z.; FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Concepções de genética e evolução e seu impacto na prática docente no ensino de biologia. **Genética na Escola**, v. 11, p. 8–19, 2016.
- SILVA, C. C.; CABRAL, H. M. M.; CASTRO, P. M. Investigando os obstáculos da aprendizagem de Genética básica em alunos do Ensino Médio. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 21, p. 718-737, 2019.
- SILVA, C. C.; KALHIL, J. B. A aprendizagem de Genética à luz da Teoria Fundamentada: um ensaio preliminar. **Ciência & Educação**, v. 21, p. 125-140, 2017.
- SILVA, J. C.; QUEIROZ, L. V. B.; GALLÃO, M. I. Mapas conceituais como ferramenta na promoção de conhecimento e avaliação na disciplina de Biologia da Célula. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, p. 227–241, 2020.
- STERN, F.; KAMPOURAKIS, K. Teaching for genetics literacy in the post-genomic era. **Studies in Science Education**, v. 53, p. 193–225, 2017.
- TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das Ligações Químicas. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 83-91, 2012.
- VENVILLE, G.; GRIBBLE, S. J.; DONOVAN, J. An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. **Science Education**, v. 89, p. 614–633, 2005.
- WITZIG, B. S.; FREYERMUTH, S. K.; SIEGEL, M. A.; IZCI, K.; PIRES, J. C. Is DNA alive? A study of conceptual change through targeted instruction. **Research in Science Education**, v. 43, 1361–1375, 2012.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Formulário de pré-teste

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DISCIPLINA DE BIOLOGIA MOLECULAR

DATA:

SOBRE VOCÊ

Nome:

Idade:

Período:

Estado Civil:

Trabalha: () Sim () Não

Tipo de instituição de ensino que frequentou: () Pública () Privada

Área da Biologia que tem mais afinidade:

Gosta de Genética: () Sim () Não

Foi aprovado (a) em Genética: () Sim () Não () Desisti/Tranquei

Quais métodos de estudo você costuma utilizar? (Marque todas que se aplicam):

() Não estudo e/ou não tenho tempo

() Anotações das aulas e/ou slides do professor

() Vídeos e aulas online

() Leitura de livros e artigos

() Resumo de livros

() Mapa conceitual e/ou mapa mental

() Outros. Especifique:

CONHECIMENTO PRÉVIO

Já ouviu falar de mapa conceitual antes deste curso? () Sim () Não

Se sim, onde? () Escola/Universidade () Cursos online () Outro. Especifique:

.....

Utiliza mapas conceituais? () Sim () Não

Se sim, com qual frequência? () Eventualmente () Frequentemente () Sempre

Como os mapas conceituais podem auxiliar no processo de ensino aprendizagem? (Marque todas que se aplicam)

() Não sei, não costumo usar os mapas conceituais.

() Nas aulas teórico-dialogadas para produzir sínteses das aulas.

() Como estratégia para o levantamento de conhecimento prévio.

() Como estratégia para avaliação.

() Como estratégia de estudo e/ou memorização.

() Como estratégia de investigação e/ou metacognição.

Nas suas palavras, como você define um mapa conceitual? (Mesmo que você não utilize essa estratégia).

.....

.....

.....

APÊNDICE 2 – Distribuição de erros e acertos nos conceitos de Biologia Molecular

Conceitos	1	2	3	4	5	Total	Erros (1,2 e 3)	Acertos (4 e 5)	Índice de precisão conceitual
DNA	10	3	3	6	11	33	16	17	52%
Genes	6	2	4	13	5	30	12	18	60%
Alelo	6	4	5	9	6	30	15	15	50%
Cromossomo	4	4	2	11	7	28	10	18	64%
Proteína	13	4	0	5	0	22	17	5	23%
Homozigose	15	2	0	4	0	21	17	4	19%
Heterozigose	16	2	0	3	0	21	18	3	14%
Íntron	7	3	0	10	0	20	10	10	50%
Meiose	4	3	3	8	2	20	10	10	50%
Cromossomo Autossômico	8	2	0	9	0	19	10	9	47%
Duplicação do DNA	3	5	1	7	2	18	9	9	50%
Éxon	3	4	0	10	0	17	7	10	59%
Cromossomo Sexual X e Y	11	2	0	4	0	17	13	4	24%
Padrões de Herança	5	2	0	8	1	16	7	9	56%
Região codificadora	3	5	0	6	1	15	8	7	47%
Região não codificadora	6	4	0	5	0	15	10	5	33%
Cromossomos homólogos	8	0	2	3	1	14	10	4	29%
mRNA	2	1	2	6	2	13	5	8	62%
Recessivo	6	0	0	5	2	13	6	7	54%
Cromátides irmãs	6	1	0	5	1	13	7	6	46%
Dominante	7	0	0	5	1	13	7	6	46%
Genoma	6	4	1	2	0	13	11	2	15%
PCR	2	2	1	5	1	11	5	6	55%
Metáfase I	3	1	0	4	2	10	4	6	60%
Eletroforese	4	2	0	3	1	10	6	4	40%
Prófase I	2	0	0	6	1	9	2	7	78%
Tradução	2	0	0	5	2	9	2	7	78%

Transcrição	2	0	0	5	2	9	2	7	78%
Anáfase I	3	1	0	4	1	9	4	5	56%
Mendel	1	3	0	4	1	9	4	5	56%
Mitose	1	2	1	3	2	9	4	5	56%
Anáfase II	4	1	0	4	0	9	5	4	44%
Enzimas de Restrição	5	1	1	2	0	9	7	2	22%
Herança ligada ao X	1	1	0	6	0	8	2	6	75%
Telófase I	3	0	0	5	0	8	3	5	63%
Metáfase II	3	1	0	3	1	8	4	4	50%
Prófase II	3	1	0	3	1	8	4	4	50%
Crossing-over	4	1	0	3	0	8	5	3	38%
Meiose I	0	0	0	4	3	7	0	7	100%
Meiose II	0	0	0	3	4	7	0	7	100%
Telófase II	2	0	0	5	0	7	2	5	71%
Splicing	0	0	0	2	4	6	0	6	100%
Aminoácidos	1	0	0	5	0	6	1	5	83%
Expressão gênica	2	0	0	4	0	6	2	4	67%
Ribossomo	2	0	0	4	0	6	2	4	67%
Doenças cromossômicas	1	0	0	3	1	5	1	4	80%
Fertilização	1	0	0	4	0	5	1	4	80%
Mutação cromossômica	1	0	0	1	3	5	1	4	80%
Região Promotora	1	0	0	3	1	5	1	4	80%
Citogenética	2	0	0	3	0	5	2	3	60%
Cromatina	2	0	0	3	0	5	2	3	60%
Gêmeos dizigóticos	2	0	0	3	0	5	2	3	60%
Gêmeos monozigóticos	2	0	0	3	0	5	2	3	60%
Cariótipo	3	0	0	2	0	5	3	2	40%
Nucleossomo	3	0	0	2	0	5	3	2	40%
RNA	2	1	0	2	0	5	3	2	40%

tRNA	0	0	0	3	1	4	0	4	100%
Herança autossômica	1	0	0	3	0	4	1	3	75%
Fenótipo	0	0	1	3	0	4	1	3	75%
Mosaicismo	1	1	0	2	0	4	2	2	50%
Mutação	1	0	1	1	1	4	2	2	50%
Divisão celular	2	1	0	1	0	4	3	1	25%
Nucleotídeos	2	1	0	1	0	4	3	1	25%
Códon	0	1	0	2	0	3	1	2	67%
Heredograma	0	1	0	2	0	3	1	2	67%
Síndrome Spooan	1	0	1	1	0	3	2	1	33%
Anticódon	0	0	0	2	0	2	0	2	100%
DNA polimerase	0	0	0	2	0	2	0	2	100%
mRNA primário	0	0	0	2	0	2	0	2	100%
mRNA secundário	0	0	0	2	0	2	0	2	100%
RNA Polimerase	0	0	0	2	0	2	0	2	100%
Células haplóides	1	0	0	1	0	2	1	1	50%
Células somáticas	1	0	0	1	0	2	1	1	50%
Citoplasma	0	1	0	1	0	2	1	1	50%
Genética	0	1	0	1	0	2	1	1	50%
Histona	1	0	0	1	0	2	1	1	50%
Não disjunção	1	0	0	0	1	2	1	1	50%
Segregação independente	1	0	0	0	1	2	1	1	50%
Células reprodutoras	2	0	0	0	0	2	2	0	0%
Região finalizadora	1	1	0	0	0	2	2	0	0%
Spliceossomo	2	0	0	0	0	2	2	0	0%
Fatores de transcrição	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Genótipo	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Intérfase	0	0	0	0	1	1	0	1	100%
Ligação peptídica	0	0	0	1	0	1	0	1	100%

Localização cromossômica	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Locus	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Patogênico	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Penetrância	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Pós Mendel	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Pré mRNA	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Síntese	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Transmissão monogênica	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Trincas de nucleotídeos	0	0	0	0	1	1	0	1	100%
União consanguínea	0	0	0	1	0	1	0	1	100%
Bases nitrogenadas	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Célula	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Citocinese	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Equacional	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Heterogeneidade alélica	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Heterogeneidade fenotípica	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Herança ligada ao Y	0	1	0	0	0	1	1	0	0%
Molécula	0	0	1	0	0	1	1	0	0%
mRNA maduro	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Plano equatorial	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Pré Mendel	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Primer	0	1	0	0	0	1	1	0	0%
Reducional	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
rRNA	0	0	1	0	0	1	1	0	0%
Sequência 3'5'	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
Testes genéticos	1	0	0	0	0	1	1	0	0%
TOTAL	255	85	31	311	79	761	371	390	53%