



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

Alan Gomes do Nascimento

**Análise do Conteúdo de Genética presente no ENEM nos anos de 1998
a 2019**

**Goiânia
2020**

Alan Gomes do Nascimento

**Análise do Conteúdo de Genética presente no ENEM nos anos de
1998 a 2019**

Monografia apresentada a Escola de Ciências Agrárias e Biológicas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás para obtenção do Título de Licenciado em Biologia.

Orientador: Dra. Flavia Melo Rodrigues
Coorientador: Renato Alves de Souza, MSc.

**Goiânia
2020**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA

Aluno (a): Alan Gomes do Nascimento

Orientador (a): Dra. Flavia Melo Rodrigues

Coorientador (a): Renato Alves de Souza, MSc.

Membros:

1. Dra. Flavia Melo Rodrigues
2. Dra. Mariana Pires de Campos Telles
3. Orcantina Ione Teles Ferreira, MSc.
4. Renato Alves de Souza, MSc.

Dedico este trabalho a minha mãe Josélia, que mesmo na sua ausência me inspira e me guia para sempre seguir o que acredito com base na educação que me foi fornecida e em seus conhecimentos e experiências valiosos.

AGRADECIMENTOS

Sinceramente, não consigo agradecer a todos que me ajudaram nos momentos em que precisei. Então pelo menos citarei alguns mais marcantes para mim:

Primeiramente eu acho que não seria nada sem a minha **mãe (Josélia)**, que com todo o seu amor e dedicação, acreditou, incentivou, cuidou e me deu tudo e mais para ser uma boa pessoa. E onde quer que esteja quero que saiba que serei sempre eternamente grato por tudo que fez por mim.

À **PUC-Goiás**, seu corpo docente, direção e administração, que pela seriedade e dedicação na criação e manutenção do curso, oportunizaram a mim e a muitos outros que passaram e ainda irão passar pelos seus corredores na busca incessante pelo objetivo.

À Professora **Flavia Rodrigues**, minha orientadora, que forneceu a mim não só o seu tempo e auxílio, mas também o empurrão e as broncas (construtivas sempre) que precisava para finalizar essa etapa crucial.

À **minha avó (Maria)**, que sempre me apoiou em tudo que faço e é minha parceira no que preciso e quando preciso.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte para que esse momento decisivo pudesse acontecer.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a presença de questões de genética nas provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias dentro do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM nos anos de 1998 - 2019, discutindo a valorização do conteúdo de genética, nesse exame, sendo um fator potencializador no processo de aprendizagem durante o Ensino Médio brasileiro. Trata-se de um estudo de abordagem quantitativa, na qual foram utilizados o levantamento documental para a seleção e organização das questões do conteúdo presente em todos os cadernos de prova amarelas, a identificação, classificação e quantificação do material obtido. Foram obtidas neste estudo 50 questões do conteúdo de genética no período estudado com destaque ao ano de 2009 que ficou com cinco questões do conteúdo de genética, enquanto não houve questões de genética nos anos de 2000, 2001 e 2002. Ganhando destaque os conteúdos de Genética Molecular e de Microrganismo e o de Biotecnologia/Engenharia genética apareceram com 15 questões cada. Diante das análises dos resultados identificou-se a importância atribuída ao conteúdo de genética dentro do ENEM, considerando todos os seus 22 anos de história. Podemos concluir ainda que o correto ensino de genética dentro do ensino básico contribui na formação potencial e de reforço educacional a sua constante presença na sociedade atual.

Palavras-Chave: Avaliação. Ciências Biológicas. Ensino Médio. Genética.

ABSTRACT

The present work has the objective of analyzing the presence of questions of genetics in the tests of Natural Sciences and its Technologies within the National Exam of the High School - ENEM in the years of 1998-2019, discussing the valorization of the content of genetics, in this exam, being a potentializing factor in the learning process during Brazilian high school. This is a study with a quantitative approach, in which a documentary survey was used for the selection and organization of the content questions present in all yellow test books, an identification, classification and quantification of the specified material. In this study, 50 questions of the content of genetics were indexed in the period studied, with emphasis on the year 2009, which had 5 questions of the content of genetics, while there were no genetic problems in the years 2000, 2001 and 2002. The content of Molecular Genetics was highlighted, and Microorganism and Biotechnology / Genetic engineering appeared with 15 questions each. In view of the analysis of the results, the importance attributed to the content of genetics within the ENEM was identified, considering all its 22 years of history. We can also realize that the correct teaching of genetics within basic education contributes to the potential training and educational reinforcement of its constant presence in today's society.

Keywords: Evaluation. Biological Sciences. High school. Genetics.

LISTA DE FIGURAS

Nº	Título	Pág.
Tabela 1	Competências Específicas de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias conforme BNCC	12
Tabela 2	Conteúdo de Genética descrito no livro de Biologia, volume 3 dos autores Sônia Lopes e Sérgio Rosso.	13
Tabela 3	Tabela de áreas do conhecimento em Genética segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).	18
Tabela 4	Áreas da genética definidas neste trabalho para classificação das questões do ENEM	18
Tabela 5	Quantidade de questões de biologia e genética no ENEM (1998 - 2019).	21
Tabela 6	Classificação das Questões de Genética do ENEM ao longo do período 1998 a 2019.	23
Tabela 7	Comparação das questões de genética no ENEM nos períodos 1998-2008 e 2009-2019.	26
Tabela 8	Questões de genética com interdisciplinaridade.	27
Figura 1	Distribuição das questões de genética no ENEM ao longo do período 1998 a 2019.	24
Figura 2	Mediana das quantidades de questões de genética no ENEM nos períodos 1998-2008 e 2009-2019.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Descrição do objeto de pesquisa	17
3.2 Delineamento da pesquisa	17
3.3 Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados	18
3.4 Análise dos Dados	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
5 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29
ANEXO A.....	32

1 INTRODUÇÃO

Em 1998 o governo federal do Brasil criou o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) com ênfase na avaliação do perfil de saída dos egressos deste nível de ensino. Seu objetivo principal foi proporcionar uma avaliação do desempenho dos alunos, ao término da escolaridade básica, segundo uma estrutura de competências associadas aos conteúdos disciplinares, que se espera tenha sido incorporado pelo aluno, para fazer frente aos crescentes desafios da vida moderna (DE CASTRO; TIEZZI, 2004; SILVEIRA; BARBOSA; SILVA; 2015).

Durante os 10 primeiros anos o exame era composto por redação e 63 questões de múltipla escolha. A partir de 2009, medidas governamentais estimularam uma reformulação em suas finalidades e estruturação, sendo denominado como “Novo ENEM”, e passando a ser usado como instrumento de ingresso nas Universidades Federais do Brasil através do Sistema de Seleção Unificada (SISU). Contando com 180 questões de múltipla escolha divididas em quatro áreas do conhecimento sendo elas Linguagem e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências Sociais e suas tecnologias e Ciências da Natureza e suas tecnologias que englobam as disciplinas do Ensino Médio, além da redação (SILVEIRA; BARBOSA; SILVA, 2015; DE CASSIA MALIMPENSA; RINK, 2017).

Com auxílio de um estudo sobre a reestruturação e expansão do Ensino Médio no Brasil, realizado em 2008 por técnicos do Ministério da Educação e da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, resultou em um novo modelo de prova a partir de 2009, contendo 180 questões objetivas e redação, passando a ser realizado em dois dias de prova. Além disso, foi adotada a Teoria da Resposta ao Item (TRI) na formulação e correção da prova, que permite que as notas obtidas em edições diferentes do exame sejam comparadas. Também foram introduzidos os objetos de conhecimento (conteúdos) organizados por áreas de conhecimento e as cinco competências do modelo original foram transformados nos eixos cognitivos (MANCINI; MARQUES JUNIOR; PAVINI CINTRA, 2017).

Os indicadores do campo educacional brasileiro constantemente confrontam sua diversidade cultural e fortes desigualdades sociais contra perspectivas elitistas de contenção do acesso à educação. Com isso, políticas públicas de democratização do acesso e a inclusão na educação superior implica em estabelecer políticas que beneficiam variados atores sociais devido à complexidade de alcançar o estágio de massificação educacional no Brasil (DE OLIVEIRA et al, 2008; OLIVEIRA, 2014, BRASIL, 2020). O ENEM tem como principal finalidade a avaliação individual do desempenho do participante ao final do ensino médio. Porém, em cumprimento ao disposto na Constituição Federal e na Portaria MEC nº 468, de 2017, os resultados do Enem possibilitam a utilização do Exame como mecanismo único, alternativo ou complementar para acesso à educação superior, especialmente a ofertada pelas instituições federais de educação superior, além do acesso a programas governamentais de financiamento ou apoio ao estudante da educação superior (BRASIL, 2020).

A reformulação do Ensino Médio por meio da Lei nº13.415 (BRASIL, 2017) que estabeleceu mudanças na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que definiu as competências e conhecimentos essenciais para aprendizagem conforme as DCNEM, nas seguintes áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (SILVA et al, 2019). O alinhamento é a medida do grau de correspondência entre o conteúdo incluído em um teste e o conteúdo da área contido nos padrões acadêmicos nacionais (MANCINI; MARQUES JUNIOR; PAVINI CINTRA, 2017). As Novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio por meio da resolução nº 02 de 30 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012^a) que orientam a organização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em áreas do conhecimento e saberes comuns necessários a todos os estudantes, quanto uma formação que considere a diversidade e as características locais e especificidades regionais (BRASIL, 2012; SILVA et al, 2019).

O ensino das disciplinas de Ciências e de Biologia sempre se vinculou ao desenvolvimento científico e aos interesses educacionais (MORAES, 2016) organizando-se de modo a privilegiar o estudo de conceitos, linguagem e metodologias (SILVA et al, 2019). As questões de Biologia presentes no ENEM possuem forte tendência de contextualização de seus conteúdos com temáticas

apresentadas à população, e pelos principais meios de comunicação (DE CASSIA MALIMPENSA; RINK, 2017), o que provoca determinada predominância de alguns temas em detrimento de outros, ocasionando um desequilíbrio no processo de ensino-aprendizagem. Dentre os conteúdos de biologia, a genética adquiriu uma importância significativa nos últimos anos (DE CASSIA MALIMPENSA; RINK, 2017).

Baseando-se no direcionamento dos Parâmetros Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM's) o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no qual a biologia está inserida, deve ocasionar um aprendizado útil a vida e ao trabalho, e desenvolver no aluno as competências (conforme descritas na Tabela 1), habilidades (como a habilidade EM13CNT304 - 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. Dentre os outros disponibilizados na BNCC) e valores. O ensino de biologia deve permitir o desenvolvimento para compreensão, sistematização e reelaboração de fatos através do incentivo a reflexão e aplicação dos conteúdos ministrados em sala de aula na resolução de situações problemas vivenciados pelos alunos (KRASILCHIK, 2000; SILVA; CICILLINI, 2008; CARABETTA, 2010).

Tabela 1 - Competências Específicas de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias conforme BNCC

Competências Específicas de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias

1 Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

2 Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

3 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).

Fonte.: BRASIL, 2018.

Tal importância no processo de aprendizado de situações problema e da aplicabilidade dos conceitos do meio biológico no mundo moderno, explorando especialmente a área da genética devido a interação direta com o funcionamento dos diversos seres vivos presentes no mundo que nos cerca garantiria assim ampla abordagem e presença carimbada no ENEM (CASAGRANDE, 2006; GIACÓIA, 2006; MOURA et al, 2013). No entanto, a genética, como disciplina, não é bem aceita pela maioria dos discentes do ensino público em função de sua complexidade de conteúdo (Tabela 2) e potencializada muitas vezes pela falta de associação desses conteúdos dados frente à realidade no qual o aluno está inserido e, portanto, pela forma abstrata de como os conteúdos são abordados (VILELA, 2007).

A tabela 2 descreve, a título de exemplo, a organização dos conteúdos de genética do ensino médio em um dos livros mais indicados e bem avaliados de Biologia (SOUZA, 2017), volume 3 do livro BIO de Sônia Lopes e Sérgio Rosso. O conteúdo de genética deste livro está dividido em 5 capítulos com um total de 61 conteúdos distribuídos ao longo desses capítulos (Tabela 2). O livro faz uma abordagem com forte rigor acadêmico, com uma escolha didática promovendo o protagonismo do aluno, principalmente nas atividades propostas, e sua abordagem para a contextualização. Além do mais o livro tem como referência a matriz de habilidades do ENEM (LOPES; ROSSO, 2016).

Tabela 2 - Conteúdo de Genética descrito no livro de Biologia, volume 3 dos autores Sônia Lopes e Sérgio Rosso.

(continua)

Capítulo	Conteúdo do capítulo
Genética e os Genes	1- Introdução
	2- A descoberta dos gametas
	3- A teoria da pré-formação
	4- A teoria da epigênese
	5- As teorias da pângenese e da herança ancestral
	6- Fatores Mendelianos e teoria cromossômica da herança
	7- Natureza química do material genético
	8- O que são genes?
	9- Do DNA para o RNA: Transcrição
	10- O código Genético
	11- Síntese de proteínas: tradução
	12- Duplicação do DNA
	13- Quem veio primeiro: DNA, RNA ou proteína?
	14- Mutações
A herança de uma característica	15- Introdução
	16- O material biológico
	17- O método de Mendel

	18- A herança de um caráter
	19- A relação entre meiose e a primeira lei de Mendel
	20- Alguns termos importantes em genética
	21- Noções de probabilidade
	22- Probabilidade e primeira lei de Mendel
	23- Cruzamento-teste e retrocruzamento
	24- Genealogia e heredograma
	25- Modificações nas proporções mendelianas de monoibridismo
	26- Alelos múltiplos
	27- A segunda lei de Mendel
	28- A segunda lei e a teoria de probabilidades
	29- Relação entre meiose e segunda lei de Mendel
	30- Quando a segunda lei não é válida
A herança simultânea de duas ou mais características	31- Determinação dos tipos de gametas de acordo com 2ª lei
	32- A herança dos grupos sanguíneos
	33- Genes ligados: restrição à segunda lei
	34- Permutação
	35- O método Morgan e a descoberta dos genes ligados
	36- Como diferenciar ligação gênica de segregação independente
	37- Os mapas cromossômicos
	38- Mapeamento dos genes humanos
	39- Introdução
	40- Pleiotropia
Outros mecanismos de herança	41- Interação Gênica
	42- Herança Quantitativa
	43- Determinação do sexo biológico
	44- Genes localizados nos cromossomos sexuais humanos
	45- Outros mecanismos de herança relacionada ao sexo
	46- Introdução
	47- DNA Recombinante
	48- Clonagem de DNA
	49- Identificação de pessoas
	50- Técnica de PCR
	51- Mapeamento da variabilidade humana
	52- Terapia gênica
	53- Vacinas gênicas
Biotecnologia	54- Programas de triagem populacional
	55- Proteoma: o desafio do século XXI
	56- Clonagem
	57- Organismos transgênicos
	58- Biologia sintética
	59- Recuperação de espécies em extinção
	60- Aconselhamento genético
	61- Diagnóstico pré-natal

Fonte: Lopes; Rosso (2016)

A estrutura da prova do ENEM com itens objetivos na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) torna bastante difícil a ocorrência de itens com a demanda cognitiva. A capacidade do estudante em lembrar informações decorrentes de processos de aprendizagem por ele vivenciados é importante, entretanto, mais

importante ainda é o uso que ele consegue fazer desse conhecimento na solução de situações-problema ainda não vivenciadas por ele (MANCINI; MARQUES JUNIOR; PAVINI CINTRA, 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi quantificar e caracterizar o conteúdo de genética e suas subáreas abordadas no Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM em todo o período até 2019.

2.2 Objetivos Específicos

- 1 – Quantificar as questões de biologia geral no ENEM no período estudado;
- 2 – Apresentar a proporção das questões de genética em relação as questões de biologia geral do ENEM no período estudado;
- 3 – Classificar e quantificar os conteúdos de genética abordados no ENEM ao longo dos anos;
- 4 – Verificar a(s) área(s) da genética que se destacaram no ENEM no período estudado;
- 5 – Comparar o conteúdo de genética presente nas provas do ENEM nos períodos 1998 a 2008 e 2009 a 2019;
- 6 – Verificar a presença de interdisciplinaridade nas questões de genética.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando cumprir os objetivos propostos, realizou-se um estudo complementar baseado nas questões de biologia presentes na Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias dentro do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) nos anos de 1998 a 2019.

3.1 Descrição do objeto de pesquisa

Este trabalho é um estudo complementar a dissertação de mestrado desenvolvida por Souza (2017) no programa de Mestrado em Genética (MGene) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás, com o objetivo de quantificar, classificar e verificar a ocorrência de questões de genética nas provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, por meio da comparação sistemática dos conteúdos abordados e sua importância dentro do aspecto geral que o conteúdo de biologia abordado no ensino médio. Para tanto foram acessadas as provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias referentes ao caderno amarelo em sítio específico.

3.2 Delineamento da pesquisa

Os recursos metodológicos utilizados neste estudo abrangeram a identificação, seleção e análise das questões presentes na prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM no período de 2016 a 2019. Desta forma, o conteúdo de genética foi identificado e posteriormente classificado os conteúdos das questões específicas sobre genética de acordo com o conteúdo de genética descrito no livro de Biologia, volume 3 dos autores Sônia Lopes e Sérgio Rosso (Tabela 2) e com as áreas do conhecimento da genética estabelecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Tabela 3). Após avaliar as áreas propostas pelo CNPq e os conteúdos de genética descritos por Lopes e Rosso (2016) foram estabelecidas as áreas consideradas neste estudo (Tabela 4).

Tabela 3 - Áreas do conhecimento em Genética segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Código	Área
2.02.00.00-5	Genética
2.02.01.00-1	Genética Quantitativa
2.02.02.00-8	Genética Molecular e de Microrganismos
2.02.03.00-4	Genética Vegetal
2.02.04.00-0	Genética Animal
2.02.05.00-7	Genética Humana e Médica
2.02.06.00-3	Mutagenese

Fonte: CNPq, 2020

Tabela 4 - Áreas da genética definidas neste trabalho para classificação das questões do ENEM.

Áreas da Genética
Leis de Mendelianas/ Probabilidade
Alelos Múltiplos
Herança Ligada ao sexo
Genes ligados (Linkage)
Genética Molecular e de Microrganismo
Genética Vegetal Quantitativa
Citogenética (morfologia e alterações cromossômicas)
Divisão Celular
Genética Humana e Médica (Doenças)
Interação Gênica
Genética de Populações/Evolutiva
Mutações Gênicas
Herança extracromossômica (DNAmt) e cloroplasto
Regulação da Expressão Gênica
Biotecnologia/Engenharia genética

Fonte: Autor, 2020

3.3 Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados

Os cadernos da prova amarela do ENEM publicamente disponíveis foram baixados da página eletrônica oficial do INEP em <http://portal.inep.gov.br/>. E seguiu-se com a identificação das questões de biologia presentes na prova de ciências da natureza e suas tecnologias.

Dentre as questões de biologia presentes nas avaliações, foram verificadas quais abrangiam o conteúdo de genética e elas foram em seguida classificadas de acordo com o BNCC e as áreas do conhecimento específicos da genética propostos pelo CNPq. Em seguida, foram identificadas as áreas da genética e identificadas as que mais se destacavam em quantidade e em comparação ao conteúdo de biologia.

Foi verificado as questões de genética com conteúdo interdisciplinar e identificado as disciplinas e/ou conteúdos que apareceram nestas questões interdisciplinares no período de 1998 a 2019.

3.4 Análise dos Dados

Os dados após coletados foram tabulados em uma planilha e foram analisados por meio de estatística descritiva, com frequência percentual simples (%). Para comparar a quantidade de questões de genética por área do conhecimento entre os períodos (1998 – 2008) e (2009 – 2019) foi realizado o teste de Mann-Whitney, utilizando o programa Bioestat 5.3 (AYRES *et al.*, 2007) adotando o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) nas análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Identificamos no período estudado que correspondeu de 1998 a 2019. Foram identificadas dentro da prova de CNT (Ciências da Natureza e suas Tecnologias) do ENEM um total de 392 questões envolvendo o conteúdo de biologia das quais 50 (13%) são referentes ao conteúdo específico de genética (Tabela 5, Anexo A). As principais áreas de interesse da Biologia contemporânea estão voltadas para a compreensão de como a vida se organiza, interrelaciona, se reproduz, evolui e se transforma, não só naturalmente, mas também pela interferência humana e pelo uso de tecnologias. Dentre os conteúdos de biologia, o conteúdo de genética se destaca como sendo um dos mais abstratos e de difícil compreensão na opinião conjunta de professores e alunos (DO CARMO; SCHIMIN, 2013).

A média anual de questões de biologia presente no ENEM foi de 18 questões de um total de 45 questões de CNT, correspondendo a 40% da prova. O número de questões de biologia variou de 11 (2017) a 30 (2007). Enquanto a média de questões de genética foi de duas questões por ano, equivalendo a 11% da prova de biologia por edição do exame, considerando a média de 18 questões de biologia por ano (Tabela 5). O número máximo de questões de genética foi de cinco no ano de 2009, em contrapartida nos anos de 2000, 2001 e 2002 não houve questões de genética nas avaliações do ENEM (Tabela 5). Adotando sentido contrário a prática constante do ENEM no período de construção da prova, conforme observado na tabela 5, nos anos 2000, 2001 e 2002 o conteúdo de biologia, abdicou-se de abordar a genética. Mesmo com a política de contextualização do ENEM sendo uma de suas principais características, geralmente abordando acontecimentos do ano do exame, nos anos de 2000 à 2002 ficaram aparentemente sem relevância, mesmo possuindo importantes acontecimentos no campo da genética que deram importância midiática ao estudo e pesquisa da disciplina na época. Destruindo claramente os parâmetros de contextualização do ensino atual como baseado nas orientações e diretrizes da BNCC em fornecer uma formação integrada e contextualizada dos estudantes para um exame que visa o debate constante de temáticas midiáticas e de impacto social seja

nacional ou internacional (BRASIL, 2015; SILVA; DE SOUSA; CARVALHO, 2019).

Percebe-se ainda que na série histórica temporal estudada que compreendeu 22 anos, em 16 anos observou-se uma presença de no mínimo 10% de questões de genética, sendo que o destaque ficou com o ano de 2018 com 25% de questões referente ao conteúdo de genética (Tabela 5). Apesar de inovações científicas constantes tornou-se importante o conhecimento de genética no ensino médio devido ao clamor popular e social moderno por conhecimento cada vez mais específicos dentro das áreas abordadas no desenvolvimento tecnológico aplicado a sobrevivência e manutenção da vida, tornando-se relevante, devido a grandes avanços que ocorrem atualmente (KOVALESKI; ARAÚJO, 2013; MOURA et al., 2013).

Tabela 5 - Quantidade de questões de biologia e genética presentes no ENEM ao longo do período 1998 a 2019.

Ano	Quantidade de questões de Biologia	Quantidade de questões de Genética	%
1998	16	3	19
1999	13	2	15
2000	13	0	0
2001	15	0	0
2002	17	0	0
2003	21	1	5
2004	18	2	11
2005	25	3	12
2006	20	1	5
2007	30	3	10
2008	27	2	7
2009	22	5	23
2010	19	2	11
2011	17	3	18
2012	18	4	22
2013	16	3	19
2014	19	3	16
2015	15	3	20
2016	14	2	14
2017	11	2	18
2018	12	3	25
2019	14	3	21
Total	392	50	-
Média	18	2	-

Fonte: Autor (2020).

Conforme pode ser verificado os conteúdos de Genética Molecular e de Microrganismo e o de Biotecnologia/Engenharia genética ganharam destaque ao longo do período estudado, ambos apresentaram um total de 15 questões cada ao

longo dos anos do exame (Tabela 6, Figura 1) seguindo as tendências dos resultados obtidos por (SOUZA, 2017) onde Genética Molecular e de Microrganismo teve 12 questões e o conteúdo de Biotecnologia/Engenharia genética obteve apenas 14 questões. Em contraponto temos a ausência dos conteúdos: Alelos Múltiplos, Genes ligados (Linkage), Citogenética (morfologia e alterações cromossômicas), Genética Humana e Médica (Doenças), Interação Gênica, Mutações Gênicas e Regulação da Expressão Gênica em todo período analisado. A biotecnologia vem sendo um assunto amplamente discutido atualmente devido a sua ampla aplicação tecnológica em sistemas biológicos, organismos vivos e derivados na fabricação ou modificação de produtos e/ou processos para um fim específico. Sendo geralmente utilizados para contextualizar e explorar diversas áreas do conhecimento de Ciências da natureza, muitas vezes com enfoque voltado a benefícios, como por exemplo os avanços médicos, os que se referem a abordagem ambiental, produção agrícola e no uso sustentável de recursos biológicos básicos (SOUZA, 2017; MARQUES; RIBEIRO, 2016).

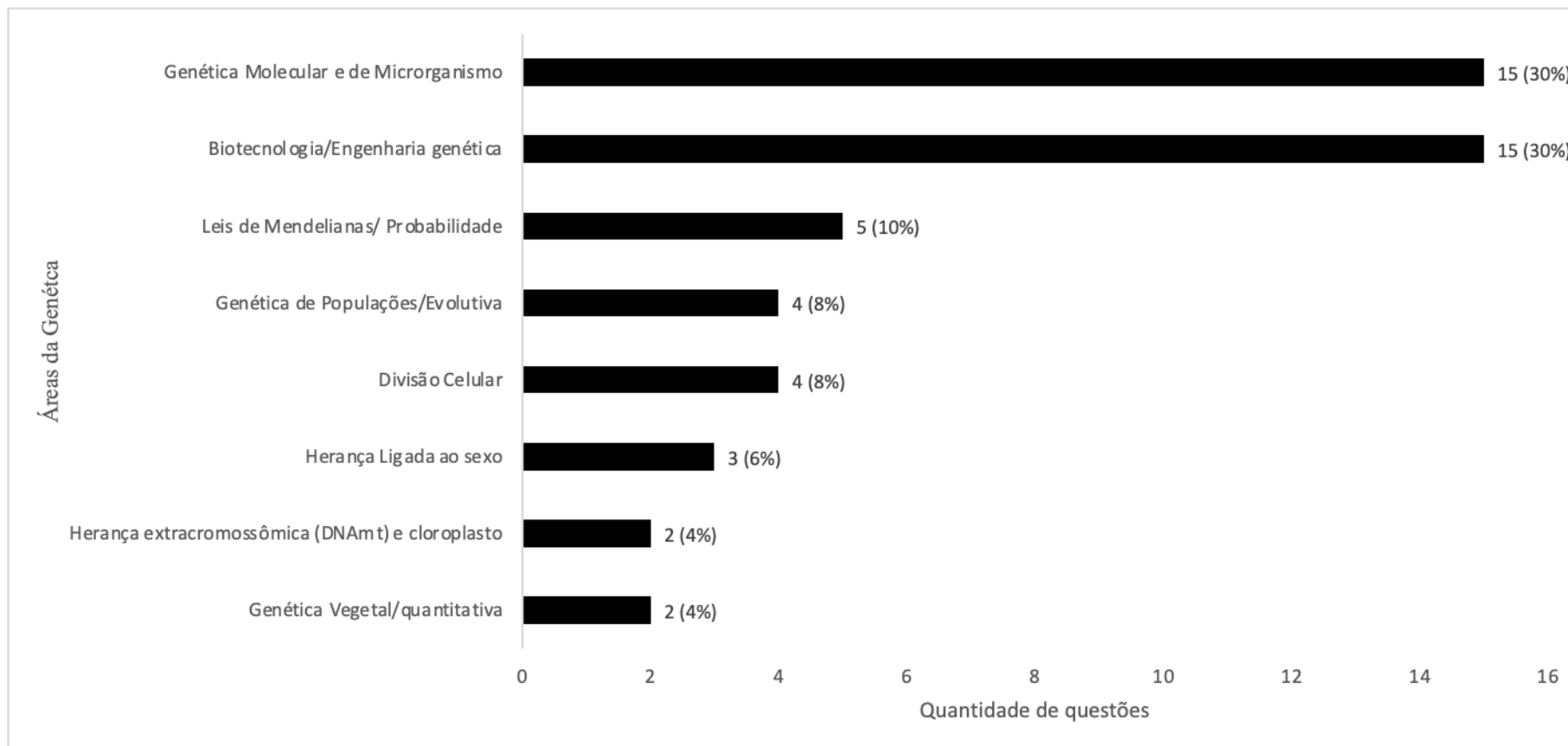
Para Souza (2017) e Marques; Ribeiro (2016) vê-se um aumento para três questões em média a partir do ano 2007 (Tabela 6) que também que são justificadas por marcantes avanços científicos relacionados a células tronco e a clonagem, políticas internacionais alternativas para agrotóxicos e a utilização de técnicas biológicas no controle de pragas que sejam ecologicamente e economicamente viáveis. Esses avanços justificam ainda mais a presença e o resultado que obtiveram outros conteúdos da genética ensinada no decorrer do ensino médio como Leis de Mendelianas/ Probabilidade com 5 questões, Divisão Celular e Genética de Populações/Evolutiva tendo 4 questões cada, assim como Herança Ligada ao sexo que possui 3 questões e por último temos ainda Genética Vegetal Quantitativa e Herança Extracromossômica (DNAm) e cloroplasto com 2 questões cada (Tabela 6, Figura 1). Devido a constante necessidade de entendimento sobre conteúdos em debate para o acompanhamento crítico as discussões levantadas não são satisfatórias aos alunos dominar apenas problemas que envolvam a genética mendeliana e simples relações entre genótipo e fenótipo. A importância desses conteúdos como observada no ENEM visa filtrar do estudante o que lhe foi ensinado no decorrer de seu ensino médio somado ao clamor cultural preconizado a respeito do conhecimento científico (DOUGHERTY, 2009; REIGOTA, 2010; SOUZA, 2017).

Tabela 6 - Classificação das questões de genética, por conteúdo, presentes no ENEM ao longo do período 1998 a 2019.

Áreas da Genética	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Leis de Mendelianas/ Probabilidade	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	5
Alelos Múltiplos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herança Ligada ao sexo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3
Genes ligados (Linkage)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genética Molecular e de Microrganismo	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	1	1	2	0	0	0	1	0	1	1	1	15
Genética Vegetal Quantitativa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Citogenética (morfologia e alterações cromossômicas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Divisão Celular	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4
Genética Humana e Médica (Doenças)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interação Gênica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genética de Populações/Evolutiva	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Mutações Gênicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herança extracromossômica (DNAMt) e cloroplasto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Regulação da Expressão Gênica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biotecnologia/Engenharia genética	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	0	0	0	15

Fonte: Autor (2020).

Figura 1- Distribuição das questões de genética no ENEM ao longo do período 1998 a 2019.



Fonte: Autor, 2020.

Observa-se que no período de 1998 – 2008 foi identificado um total de 17 questões abordando o conteúdo de genética enquanto no período de 2009 a 2019 registou 33 questões de biologia nas avaliações (Tabela 7). Observa-se que não houve diferença significativa na quantidade de questões de genética entre dois períodos do ENEM, 1998 a 2008 e 2009 a 2019 ($p = 0,1563$), sendo que a reestruturação do exame ocorreu em 2009 (tabela 7). A mediana de 1998 a 2008 foi igual a 1 e do período 2009 a 2019 foi igual a 3 (Figura 2). O princípio do ENEM sempre foi a melhoria do ensino brasileiro e o cruzamento de dados e pesquisas sobre os resultados do exame. Por isso durante 11 anos (1998 - 2008) o exame foi realizado em uma única prova de 63 questões objetiva composta das quatro áreas do conhecimento e da redação, que tinha a duração total de 5 horas. Em 2009, o Enem mudou de formato. Passando a ter 180 questões objetivas, 45 para cada área do conhecimento, e a redação, tendo sua aplicação em dois dias distintos (BRASIL, 1998; BRASIL, 2009).

O ENEM sinaliza para a necessidade de uma abordagem baseada na fundamentação em diversos temas da genética, ressaltados através da inserção nesta nova era em que o DNA e suas consequências surgem nos meios de comunicação, já que essas informações são consideradas "novidades tecnológicas", tendo sua divulgação acelerada devido a sua múltipla aplicação dentro do cotidiano das pessoas mundo afora, mantendo cada vez mais perto o conhecimento produzido do divulgado. Por isso apropriar-se da ciência e de seu grande volume de informações é essencial em todos os aspectos da vida humana atual, onde a exigência de pessoas críticas e ativas é baseado cada vez mais na relação que os estudantes têm com esses conhecimentos que acabam interferindo no modo de pensar e no comportamento da sociedade e na formação política pessoal e de estados em determinados casos (XAVIER et al, 2006; BARNI, 2010; XAVIER, 2017).

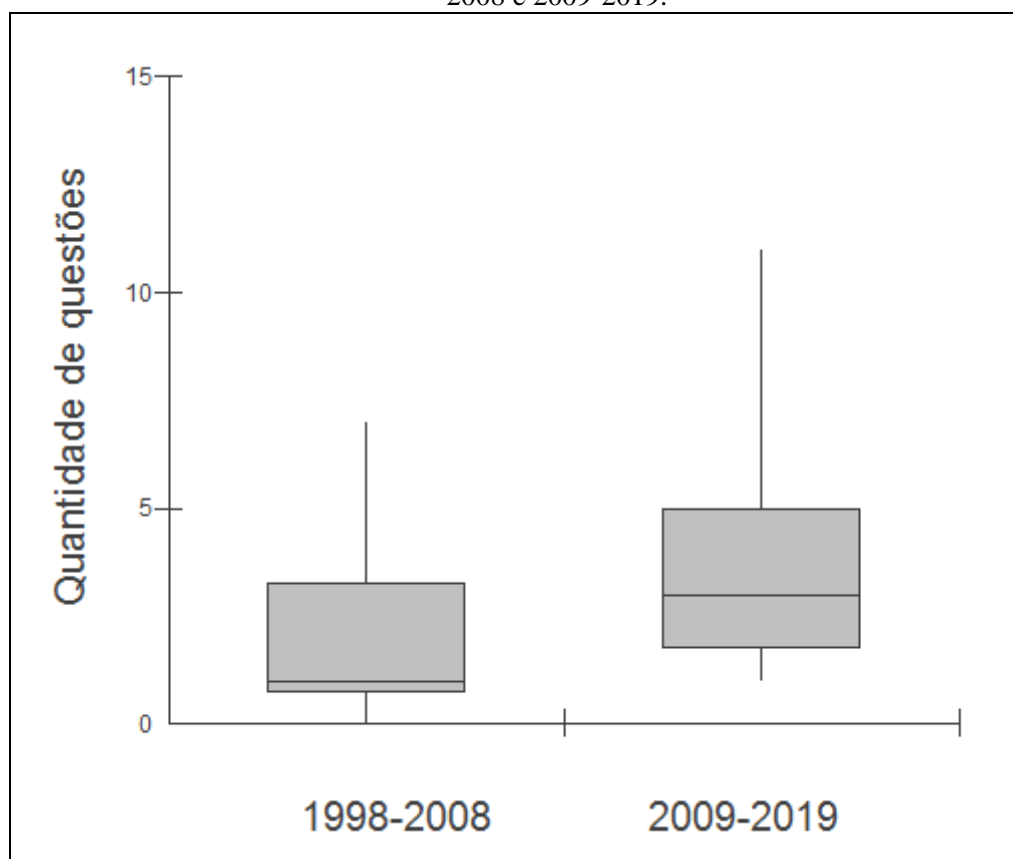
Tabela 7 - Comparação das questões de genética no ENEM nos períodos 1998-2008 e 2009-2019.

Áreas da Genética	1998 - 2008	2009 - 2019
Leis de Mendelianas/ Probabilidade	1	4
Herança Ligada ao sexo	0	3
Genética Molecular e de Microrganismo	7	8
Genética Vegetal/quantitativa	1	1
Divisão Celular	1	3
Genética de Populações/Evolutiva	3	1
Herança extracromossômica (DNAmt) e cloroplasto	0	2
Biotecnologia/Engenharia genética	4	11
Total Geral de Questões	17	33
Mediana	1	3
p^*	0,1563	

Fonte: Autor (2020).

*Teste de Mann-Whitney

Figura 2 – Mediana das quantidades de questões de genética no ENEM nos períodos 1998-2008 e 2009-2019.



Fonte: Autor, 2020.

Ao longo da série histórica estudada foi identificada apenas seis questões do conteúdo de genética (Anexo A) diretamente relacionada com outras disciplinas do ensino médio (12%) (Tabela 8). Possuindo grande destaque ao conteúdo de matemática possui 4 questões interdisciplinares com genética ao longo da série estudada, representando assim 66,7% das interações registradas (Tabela 8). Aparecendo ainda com menos destaque temos disciplinas como Química e Artes ambas com 1 questão interdisciplinar com o conteúdo de genética cada, representando 16,7% cada (Tabela 8). Com base nas métricas e pesquisas estabelecidas, a disciplina de biologia e seus conteúdos específicos abordados, evidenciam a pouca concordância no encadeamento do ensino aprendizagem e na distribuição do vasto conteúdo da disciplina dentro de vestibulares e sistemas de seleção atuais como o ENEM (LOPES, 2010; SILVA 2013; DE CASSIA MALIMPENSA; RINK, 2017).

Os parâmetros de ensino aprendizagem da BNCC sugerem veementemente que os alunos devem apreender a aprender, e que de forma clara e objetiva sendo constantemente treinados para desenvolver o seu conhecimento crítico, analítico e interpretativo com base nos acontecimentos cotidianos que ocorrem a sua volta seguindo propostas educacionais criativas e de caráter multidisciplinar tornando o mundo seu laboratório (BRASIL, 2020). Observa-se uma crescente contextualização e adaptação dos currículos escolares a valorizem conhecimentos e experiências significativas ao conhecimento escolar através de prática integrada de várias disciplinas que compõem o ensino médio brasileiro. Por isso todas as questões do ENEM são pautadas e estruturadas na contextualização e interdisciplinaridade dos conteúdos o que garante uma mistura de conteúdos e competências na solução de cada questão (MALDANER et al, 2006; MIRANDA et al, 2011; TEIXEIRA, 2011).

Tabela 8 - Questões de genética com interdisciplinaridade.

Ano	Questão	Interdisciplinaridade			
		Física	Química	Matemática	Artes
1999	29			X	
2004	57			X	
2005	44				X
2006	34			X	
2015	64			X	
2016	86		X		

Fonte: Autor, 2020.

5 CONCLUSÃO

- O total de questões de biologia geral no ENEM foi igual a 392.
- Entre as 392 questões de biologia geral no ENEM nos anos de 1998 a 2019, 12,75 % foram questões de genética.
- Os conteúdos de genética cobrados no ENEM foram classificados em 15 subáreas, dentre estas Genética Molecular e de Microorganismo e Biotecnologia/Engenharia genética se destacaram com 15 questões cada.
- Não houve diferença significativa na quantidade de questões presentes nas provas do ENEM nos períodos de 1998 a 2008 e de 2009 a 2019.
- Apenas seis questões de genética entre as 50 analisadas foram interdisciplinares.

Como foi percebido, o ENEM preconiza o conteúdo mais avançado da genética, apesar de ser uma avaliação que influencia e norteia-se no ensino básico, integrando processos e entendimentos necessários na solução de questões do exame, e por esse motivo ganha uma importância quase intrínseca do adequado aprendizado de sua base. De qualquer forma ou método percebe-se a importância do professor evidenciar a proximidade das estruturas de conhecimento das disciplinas de genética e biologia molecular. Visando, assim, evitar que seja passado conceitos fragmentados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Amanda Brena Barbosa et al. Potenciais aspectos sociocientíficos em itens de biologia do ENEM. *Indagatio Didactica*, v. 8, n. 4, p. 83-91, 2016.

AYRES, M., AYRES Jr, M., AYRES, D. L., SANTOS, A. A. S. *Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: IDSM, 2007, 364p.

BARNI, G. dos S. *A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)*. Universidade Regional de Blumenau, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 ago. 1998.

BRASIL. INEP. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2020/edital_enem2020_i_mpresso.pdf Acesso em: 17 set 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Portaria n. 244, de 22 de outubro de 2009. Institui o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 3 nov. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto (MEC). Portaria n. 438, de 28 de maio de 1998. Institui o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 01 jun. 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Brasília, 2018. MEC – BNCC – v.2. 4-62 – Acesso em 08/12/2020 (Terça) - <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>

DE CASSIA MALIMPENSA, Geovana; RINK, Juliana. *Conteúdos de Genética nas provas do ENEM: uma análise de dez anos de exame (2005-2014)*. [...]. Florianópolis: [s. n.], 2017.

DE CASTRO, Maria Helena Guimarães; TIEZZI, Sergio. *A reforma do ensino médio e a implantação do Enem no Brasil*. *Desafios*, v. 65, n. 11, p. 46-115, 2004.

DE OLIVEIRA, João Ferreira et al. *Democratização do acesso e inclusão na educação superior no Brasil*. *Educação Superior no Brasil 10 anos pós-LDB*, p. 71 citation_lastpage= 88, 2008.

FERREIRA, Michelly de Carvalho; DIAS, Márcia Adelino da Silva. *Tarefas didáticas com uso das competências e habilidades de ciências da natureza propostas*

- em consonância com o ENEM. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2018.
- HERNANDES, Jesusney Silva; MARTINS, Maria Inês. Categorização de questões de Física do Novo Enem. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 1, p. 58-83, 2013.
- KOVALESKI, Aline Bottega; ARAÚJO, MCP de. A história da ciência e a bioética no ensino de genética. Genética na Escola, v. 8, n. 2, p. 154-167, 2013.
- LOURENÇO, Vânia Maria. Limites e possibilidades do Enem no processo de democratização do acesso à educação superior brasileira. 2016.
- MALDANER, O. A.; ZANON, L. B.; AUTH, M. Pesquisa sobre educação nas Ciências e formação de professores. In: SANTOS, F.M.T; GRECA, I.M. (orgs.). A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006
- MANCINI, Giovanna Vianna; MARQUES JUNIOR, Amaury Celso; PAVINI CINTRA, Elaine. Análise dos itens de biologia presentes no ENEM. Enseñanza de las ciencias, n. Extra, p. 1479-1484, 2017.
- MARQUES, Nancy Nayra Coutinho Freitas; RIBEIRO, Rannyele Passos. Uma análise dos conteúdos de biotecnologia nas provas do exame nacional do ensino médio (ENEM). Pesquisa Em Foco, v. 21, n. 2, 2016.
- MIRANDA, E.; ALVES, A. R.; MENTEN, M. L. M.; FREITAS, D.; ZUIN, V. G.; PIERSON, A. H. C. ENEM 2009: Articulações entre CTS, interdisciplinaridade e contextualização evidenciadas nas questões das Ciências da Natureza. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. Anais... Campinas, ABRAPEC, 2011, 12 p.
- MOURA, Joseane et al. 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.
- NUNES, Letícia Bastos. Ambientalização e Ensino Médio: um estudo das provas do novo ENEM - 2009. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- OLIVEIRA, Jonas de Paula et al. Acesso à Educação Superior pelo ENEM/SISU: uma análise da implementação nas universidades sul-mato-grossenses. 2014.
- PACHECO, João Alves et al. As Metamorfoses do Enem: de avaliação coadjuvante para protagonista chave das políticas públicas de acesso à Educação Superior. 2013.
- RODRIGUES, Jonas da Silva. O ENEM e suas múltiplas influências no currículo e ensino de biologia. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 5-Jul-2018.
- SANTIAGO, Heloiza Cristina Costa Felipe et al. Como opinam os professores acerca da prova do Enem? O caso da disciplina biologia. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 17615-17628, 2020.
- SANTOS, Janete. Acesso à educação superior: a utilização do Enem/Sisu na

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 126 f. il. 2013. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SARAIVA, Luiz Alex Silva et al. A efetividade de programas sociais de acesso à educação superior: o caso do ProUni. *Revista de Administração Pública*, v. 45, n. 4, p. 941-964, 2011.

SILVA, Luciana Aparecida Siqueira; DE SOUSA, Thalita Teresinha; CARVALHO, Christina Vargas Miranda. Categorização das temáticas de biologia no ENEM no período de 2012 a 2016. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências –XII ENPEC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN–25 a 28 de junho de 2019.

SILVEIRA, Fernando Lang da; BARBOSA, Marcia Cristina Bernardes; SILVA, Roberto da. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): uma análise crítica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 1, p. 1101, 2015.

SOUZA, Renato Alves de. Análise do conteúdo de genética no Exame Nacional Do Ensino Médio – ENEM. 2017. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Genética) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO.

STADLER, João Paulo et al. O perfil das questões de ciências naturais do novo Enem: interdisciplinaridade ou contextualização? *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 23, n. 2, p. 391-402, 2017.

TEIXEIRA, F. Q. Conteúdos de biologia aplicados nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). 2011. 26 p. Monografia (Graduação). Universidade de Brasília e Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2011.

TRAVITZKI, Rodrigo; BOTO, Carlota Josefina Malta Cardozo dos Reis. ENEM: limites e possibilidades do Exame Nacional do Ensino Médio enquanto indicador de qualidade escolar. 2013. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

XAVIER, Cesar Silva. A frequência de questões relacionadas biotecnologia e tecnologias do dna no exame nacional do ensino médio (ENEM) e sua importância no ensino básico. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica-ISSN: 2236-2150*, v. 6, n. 04, 2017.

XAVIER, Márcia Cristina Fernandes; DE SÁ FREIRE, Alexandre; MORAES, Milton Ozório. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ANEXO A

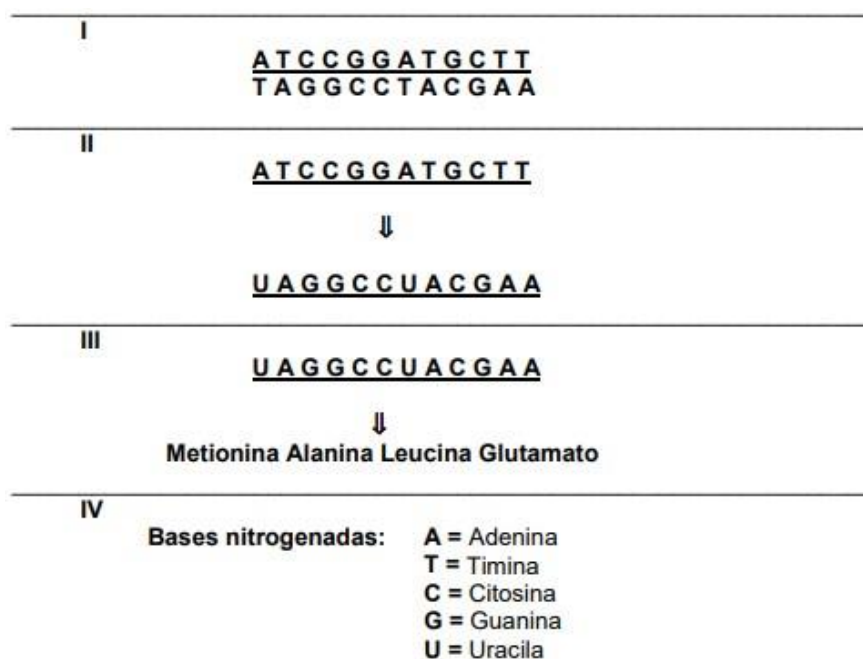
Anexo A – Questões de Genéticas Identificadas no ENEM (1998 - 2019)

1998

26 - Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o:

- (A) Australopithecus.
- (B) Chimpanzé.
- (C) Ramapithecus.
- (D) Gorila.
- (E) Orangotango

João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética, etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir.



31 - Analisando-se o DNA de um animal, detectou-se que 40% de suas bases nitrogenadas eram constituídas por Adenina. Relacionando esse valor com o emparelhamento específico das bases, os valores encontrados para as outras bases nitrogenadas foram:

- (A) T = 40%; C = 20%; G = 40%
- (B) T = 10%; C = 10%; G = 40%
- (C) T = 10%; C = 40%; G = 10%
- (D) T = 40%; C = 10%; G = 10%
- (E) T = 40%; C = 60%; G = 60%

32- Em I está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que:

- (A) a molécula de DNA é formada por 2 cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.
- (B) na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.
- (C) a quantidade de A presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de A da cadeia complementar.
- (D) na molécula de DNA, podem existir 5 diferentes tipos de bases nitrogenadas.
- (E) no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.

1999

A sequência abaixo indica de maneira simplificada os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca:

- I. Retirou-se um óvulo da vaca Z. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.
- II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca W. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o resto da célula.
- III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.
- IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca Y, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

28 Considerando-se que os animais Z, W e Y não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da vaca

- (A) Z, apenas.
- (B) W, apenas.
- (C) Y, apenas.
- (D) Z e da W, apenas.

(E) Z, W e Y.

29- Se a vaca Y, utilizada como “mãe de aluguel”, for a mãe biológica da vaca W, a porcentagem de genes da “mãe de aluguel”, presente no clone será

(A) 0% 67

(B) 25%

(C) 50%

(D) 75%

(E) 100%

2003

26- A biodiversidade é garantida por interações das várias formas de vida e pela estrutura heterogênea dos habitats. Diante da perda acelerada de biodiversidade, tem sido discutida a possibilidade de se preservarem espécies por meio da construção de “bancos genéticos” de sementes, óvulos e espermatozoides.

Apesar de os “bancos” preservarem espécimes (indivíduos), sua construção é considerada questionável do ponto de vista ecológico-evolutivo, pois se argumenta que esse tipo de estratégia

I. não preservaria a variabilidade genética das populações;

II. dependeria de técnicas de preservação de embriões, ainda desconhecidas;

III. não reproduziria a heterogeneidade dos ecossistemas.

Está correto o que se afirma em

(A) I, apenas.

(B) II, apenas.

(C) I e III, apenas.

(D) II e III, apenas.

(E) I, II e III

2004

31- O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin? Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a

(A) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.

(B) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.

- (C) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- (D) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- (E) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

57 - A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	BASES NITROGENADAS			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozóide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozóide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam

- (A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
- (B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
- (C) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
- (D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
- (E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

2005

37 - A Embrapa possui uma linhagem de soja transgênica resistente ao herbicida IMAZAPIR. A planta está passando por testes de segurança nutricional e ambiental, processo que exige cerca de três anos. Uma linhagem de soja transgênica requer a produção inicial de 200 plantas resistentes ao herbicida e destas são selecionadas as dez mais “estáveis”, com maior capacidade de gerar descendentes também resistentes. Esses descendentes são submetidos a doses de herbicida três vezes superiores às aplicadas nas lavouras convencionais. Em seguida, as cinco melhores são separadas e apenas uma delas é levada a testes de segurança. Os riscos ambientais da soja transgênica são pequenos, já que ela não tem possibilidade de

cruzamento com outras plantas e o perigo de polinização cruzada com outro tipo de soja é de apenas 1%.

- A soja transgênica, segundo o texto, apresenta baixo risco ambiental porque
- (A) a resistência ao herbicida não é estável e assim não passa para as plantas-filhas.
 - (B) as doses de herbicida aplicadas nas plantas são 3 vezes superiores às usuais.
 - (C) a capacidade da linhagem de cruzar com espécies selvagens é inexistente.
 - (D) a linhagem passou por testes nutricionais e após três anos foi aprovada.
 - (E) a linhagem obtida foi testada rigorosamente em relação a sua segurança.

41- Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.

Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA

- (A) de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição.
- (B) de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais pois possui clorofila.
- (C) das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.
- (D) dos animais encontra-se sempre envelado e é de difícil absorção.
- (E) de características básicas, assegura sua eficiência hidratante.



44- Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo ao receber material genético de outra espécie, ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana.

O belga René Magritte (1896 – 1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas. Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, abaixo, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

2006

34- Em certas localidades ao longo do rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas gêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

I Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.

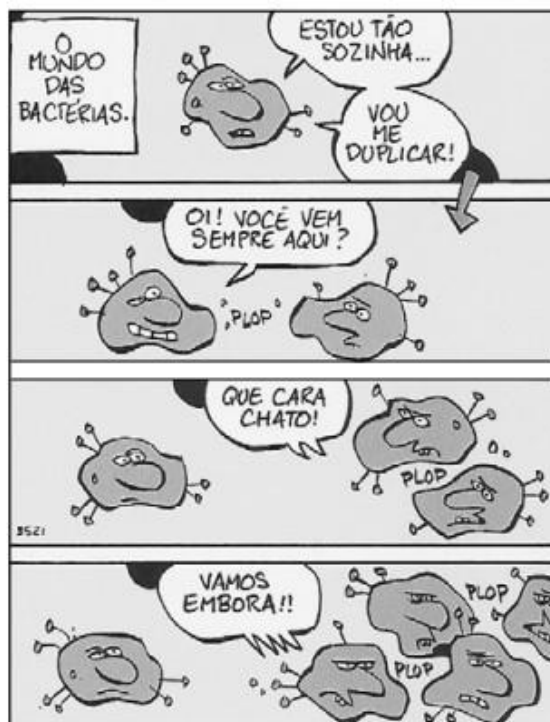
II Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.

III Na partenogênese, um número x de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de x indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma:

- A) apenas em I.
- B) apenas em II.
- C) apenas em I e III.
- D) apenas em II e III.
- E) em I, II e III.

33-



Fernando Gonsales. *Vá Pentear Macacos!* São Paulo: Devir, 2004.

São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- A) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- B) rapidez, simplicidade e semelhança genética.
- C) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.
- D) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.
- E) clonagem, gemulação e partenogênese.

55- As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

- A - Movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- B - Sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.
- C - Aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.
- D - Aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
- E - Recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

56- Todas as reações químicas de um ser vivo seguem um programa operado por uma central de informações. A meta desse programa é a auto-replicação de todos os componentes do sistema, incluindo-se a duplicação do próprio programa ou mais precisamente do material no qual o programa está inscrito. Cada reprodução pode estar associada a pequenas modificações do programa.

M. O. Murphy e I. O’neill (Orgs.). **O que é vida? 50 anos depois — especulações sobre o futuro da biologia**. São Paulo: UNESP. 1997 (com adaptações).

São indispensáveis à execução do “programa” mencionado acima processos relacionados a metabolismo, auto-replicação e mutação, que podem ser exemplificados, respectivamente, por:

- A fotossíntese, respiração e alterações na sequência de bases nitrogenadas do código genético.
- B duplicação do RNA, pareamento de bases nitrogenadas e digestão de constituintes dos alimentos.
- C excreção de compostos nitrogenados, respiração celular e digestão de constituintes dos alimentos.
- D respiração celular, duplicação do DNA e alterações na sequência de bases nitrogenadas do código genético.
- E fotossíntese, duplicação do DNA e excreção de compostos nitrogenados.

2008

52- Define-se genoma como o conjunto de todo o material genético de uma espécie, que, na maioria dos casos, são as moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre a possível relação entre o tamanho do genoma — medido pelo número de pares de bases (pb) —, o número de proteínas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começam a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela abaixo.

espécie	nome comum	tamanho estimado do genoma (pb)	n.º de proteínas descritas
<i>Oryza sativa</i>	arroz	5.000.000.000	224.181
<i>Mus musculus</i>	camundongo	3.454.200.000	249.081
<i>Homo sapiens</i>	homem	3.400.000.000	459.114
<i>Rattus norvegicus</i>	rato	2.900.000.000	109.077
<i>Drosophila melanogaster</i>	mosca-da-fruta	180.000.000	86.255

Internet: www.cbs.dtu.dk e www.ncbi.nlm.nih.gov.

De acordo com as informações acima,

- A) o conjunto de genes de um organismo define o seu DNA.
- B) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
- C) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.
- D) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
- E) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados.

53 - Durante muito tempo, os cientistas acreditaram que variações anatômicas entre os animais fossem consequência de diferenças significativas entre seus genomas. Porém, os projetos de sequenciamento de genoma revelaram o contrário. Hoje, sabe-se que 99% do genoma de um camundongo é igual ao do homem, apesar das notáveis diferenças entre eles. Sabe-se também que os genes ocupam apenas cerca de 1,5% do DNA e que menos de 10% dos genes codificam proteínas que atuam na construção e na definição das formas do corpo. O restante, possivelmente, constitui DNA não-codificante. Como explicar, então, as diferenças fenotípicas entre as diversas espécies animais? A resposta pode estar na região não codificante do DNA.

S. B. Carroll et al. O jogo da evolução. In: Scientific American Brasil, jun./2008 (com adaptações).

A região não-codificante do DNA pode ser responsável pelas diferenças marcantes no fenótipo porque contém

- A) as sequências de DNA que codificam proteínas responsáveis pela definição das formas do corpo.
- B) uma enzima que sintetiza proteínas a partir da sequência de aminoácidos que formam o gene.
- C) centenas de aminoácidos que compõem a maioria de nossas proteínas.
- D) informações que, apesar de não serem traduzidas em sequências de proteínas, interferem no fenótipo.
- E) os genes associados à formação de estruturas similares às de outras espécies.

2009

4- Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação solar natural e outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas. Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram

- A) os genótipos e os fenótipos idênticos.
- B) os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.
- C) diferenças nos genótipos e fenótipos.
- D) o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.
- E) o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.

6- Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para torná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos. *Ciência Hoje*, 24 abr. 2001.

Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br> (adaptado).

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

- A) o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
- B) a seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.
- C) o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
- D) impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.
- E) a criação de animais transgênicos.

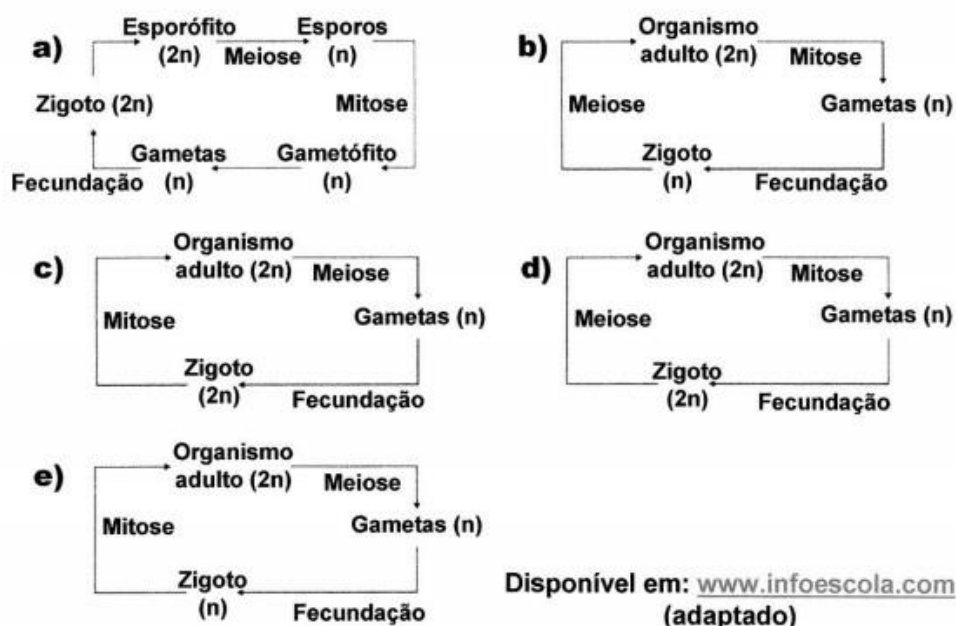
16 - A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c.



Depreende-se do modelo que

- A) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- B) B o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- C) C as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- D) D é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
- E) E a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

22 - Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos. Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:



Disponível em: www.infoescola.com
(adaptado)

40 - Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAm (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal. Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão.

Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização

A) do DNAm, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.

B) do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.

C) do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAm.

D) do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.

E) de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.

2010

69- O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória na córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. Revista Sinopse de Oftalmologia. São Paulo: Moreira Jr., v.04, n.04, 2002 (adaptado).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses micro-organismos, tais como:

A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses micro-organismos para a obtenção de energia.

A) A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.

B) A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses micro-organismos obterem matéria-prima e energia.

C) O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses micro-organismos.

D) O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

76- Investigadores das Universidades de Oxford e da Califórnia desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada que é candidata para uso na busca de redução na transmissão do vírus da dengue. Nessa nova variedade de mosquito, as fêmeas não conseguem voar devido à interrupção do desenvolvimento do músculo das asas. A modificação genética introduzida é um gene dominante condicional, isso é, o gene tem expressão dominante (basta apenas uma cópia do alelo) e este só atua nas fêmeas.

FU, G. et al. Female-specific flightless phenotype for mosquito control. PNAS 107 (10): 4550-4554, 2010.

Prevê-se, porém, que a utilização dessa variedade de *Aedes Aegypti* demore ainda anos para ser implementada, pois há demanda de muitos estudos com relação ao impacto ambiental. A liberação de machos de *Aedes Aegypti* dessa variedade geneticamente modificada reduziria o número de casos de dengue em uma determinada região porque

A) diminuiria o sucesso reprodutivo desses machos transgênicos.

B) restringiria a área geográfica de voo dessa espécie de mosquito.

C) dificultaria a contaminação e reprodução do vetor natural da doença.

D) tornaria o mosquito menos resistente ao agente etiológico da doença.

E) dificultaria a obtenção de alimentos pelos machos geneticamente modificados.

62- Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que.

- A) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém sintetizada e o filamento parental é conservado.
- B) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
- C) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
- D) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
- E) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

66 - Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhes foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA.

A reabilitação do herege. Época. no 610, 2010 (adaptado).

Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por

- A) aneuploidia do cromossomo sexual X.
- B) poliploidia dos cromossomos autossômicos.
- C) mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
- D) substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
- E) inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.

67- Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma “célula sintética”, uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. *Science* v. 329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

- A) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
- B) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
- C) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
- D) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
- E) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

2012

47- Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural.

Terra da Gente, ano 4, n. 47, mar. 2008 (adaptado).

Sem controle, esses animais podem invadir rios e lagos naturais, se reproduzir e

- A) originar uma nova espécie poliploide.
- B) substituir geneticamente a espécie natural.
- C) ocupar o primeiro nível trófico no hábitat aquático.
- D) impedir a interação biológica entre as espécies parentais.

E) produzir descendentes com o código genético modificado.

48- Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.

O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

- A) liberação de gás carbônico.
 - B) formação de ácido lático.
 - C) formação de água.
 - D) produção de ATP.
 - E) liberação de calor.
-

60- O milho transgênico é produzido a partir da manipulação do milho original, com a transferência, para este, de um gene de interesse retirado de outro organismo de espécie diferente.

A característica de interesse será manifestada em decorrência

- A) do incremento do DNA a partir da duplicação do gene transferido.
 - B) da transcrição do RNA transportador a partir do gene transferido.
 - C) da expressão de proteínas sintetizadas a partir do DNA não hibridizado.
 - D) da síntese de carboidratos a partir da ativação do DNA do milho original.
 - E) da tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do DNA recombinante.
-

63- Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

- A) sofre constantes recombinações para adaptar-se.
 - B) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
 - C) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
 - D) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
 - E) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.
-

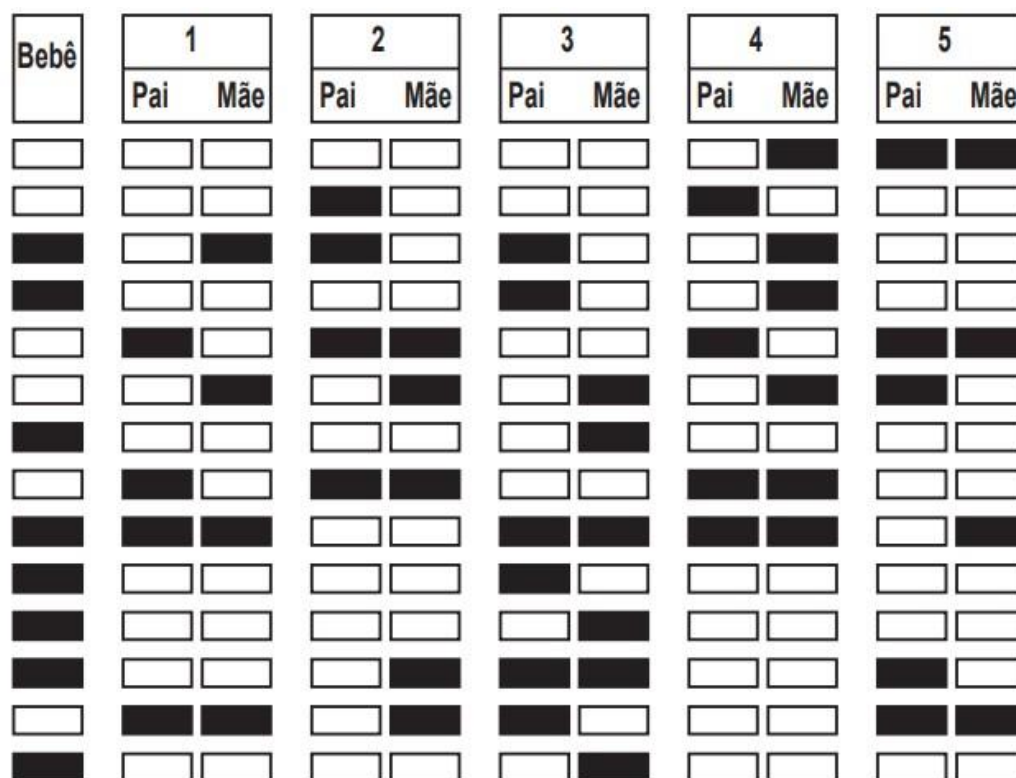
2013

50- A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

- A) Lisossomo.
- B) Mitocôndria.
- C) Peroxissomo.
- D) Complexo golgiense.
- E) Retículo endoplasmático.

73 - Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.



Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

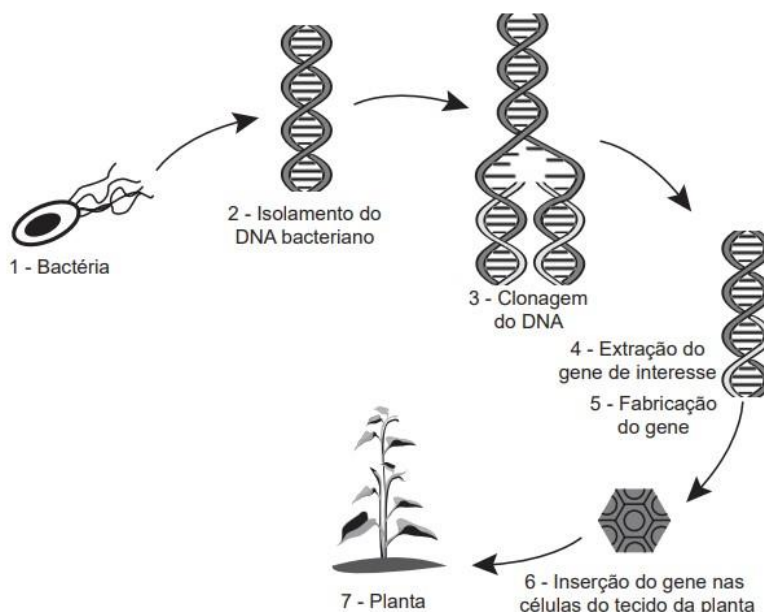
75- Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre o DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- A) pai.
- B) filho.
- C) filha.
- D) avó materna.
- E) avô materno.

2014

48 - Em um laboratório de genética experimental, observou-se que determinada bactéria continha um gene que conferia resistência a pragas específicas de plantas. Em vista disso, os pesquisadores procederam de acordo com a figura.



Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 22 nov. 2013 (adaptado).

Do ponto de vista biotecnológico, como a planta representada na figura é classificada?

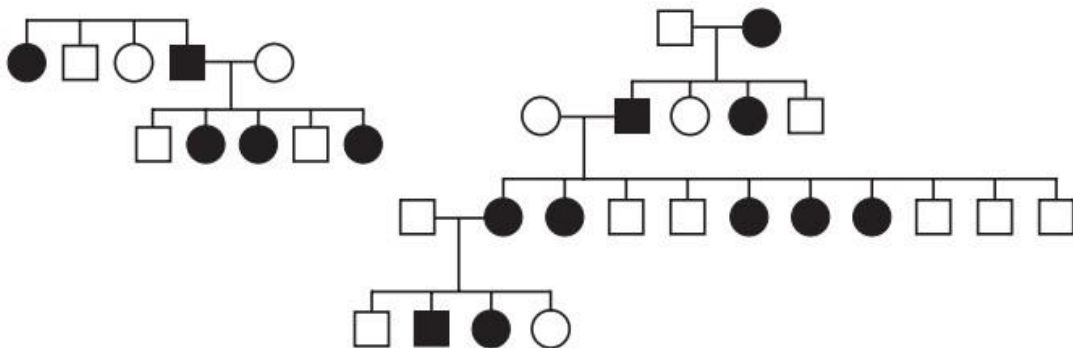
- A) Clone
- B) Híbrida
- C) Mutante
- D) Adaptada
- E) Transgênica

51- Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares.

O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de

- A) multiplicação lenta.
- B) comunicação entre células.
- C) adesão a diferentes tecidos.
- D) diferenciação em células especializadas.
- E) reconhecimento de células semelhantes.

57 –



No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos. Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

- a) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.
- b) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.
- c) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.
- d) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.
- e) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

2015

64- A fenilcetonúria é uma doença hereditária autossômica recessiva, associada à mutação do gene PAH, que limita a metabolização do aminoácido fenilalanina. Por isso, é obrigatório, por lei, que as embalagens de alimentos, como refrigerantes dietéticos, informem a presença de fenilalanina em sua composição. Uma mulher portadora de mutação para gene PAH tem três filhos normais com um homem normal, cujo pai sofria de fenilcetonúria, devido à mesma mutação no gene PAH encontrada em um dos alelos da mulher.

Qual a probabilidade de a quarta criança gerada por esses pais apresentar fenilcetonúria?

- A) 0%
 - B) 12,5%
 - C) 25%
 - D) 50%
 - E) 75%
-

71- Um gel vaginal poderá ser um recurso para as mulheres na prevenção contra a aids. Esse produto tem como princípio ativo um composto que inibe a transcriptase reversa viral. Essa ação inibidora é importante, pois a referida enzima

- A) corta a dupla hélice do DNA, produzindo um molde para o RNA viral.
 - B) produz moléculas de DNA viral que vão infectar células sadias.
 - C) polimeriza molécula de DNA, tendo como molde o RNA viral.
 - D) promove a entrada do vírus da aids nos linfócitos T.
 - E) sintetiza os nucleotídeos que compõem o DNA viral.
-

75- A reprodução vegetativa de plantas por meio de estacas é um processo natural. O homem, observando esse processo, desenvolveu uma técnica para propagar plantas em escala comercial.

A base genética dessa técnica é semelhante àquela presente no(a)

- A) transgenia.
 - B) clonagem.
 - C) hibridização.
 - D) controle biológico.
 - E) melhoramento genético.
-

2016

73 - O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e microrganismos envoltos em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas.

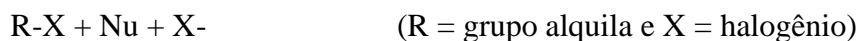
SANDES, A R. R.; BLASI, G. Biodiversidade e diversidade química e genética. Disponível em: <http://novastecnologias.com.br>. Acesso em: 22 set. 2015 (adaptado).

O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose.

Essa troca de segmentos é determinante na

- A) produção de indivíduos mais férteis.
- B) transmissão de novas características adquiridas.
- C) recombinação genética na formação dos gametas.
- D) ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.
- E) variação do número de cromossomos característico da espécie.

88 – Nucleófilos (Nu^-) são bases de Lewis que reagem com haleto de alquila, por meio de uma reação chamada substituição nucleofílica (SN), como mostrado no esquema:



A reação de SN entre metóxido de sódio ($\text{Nu}^- = \text{CH}_3\text{O}^-$) e brometo de metila fornece um composto orgânico pertencente à função

- A) éter.
- B) éster.
- C) álcool.
- D) haleto.
- E) hidrocarboneto.

2017

118 – A distrofia muscular Duchenne (DMD) é uma doença causada por uma mutação em um gene localizado no cromossomo X. Pesquisadores estudaram uma família na qual gêmeas monozigóticas eram portadoras de um alelo mutante recessivo para esse gene (heterozigóticas). O interessante é que uma das gêmeas apresentava o fenótipo relacionado ao alelo mutante, isto é, DMD, enquanto a sua irmã apresenta fenótipo normal.

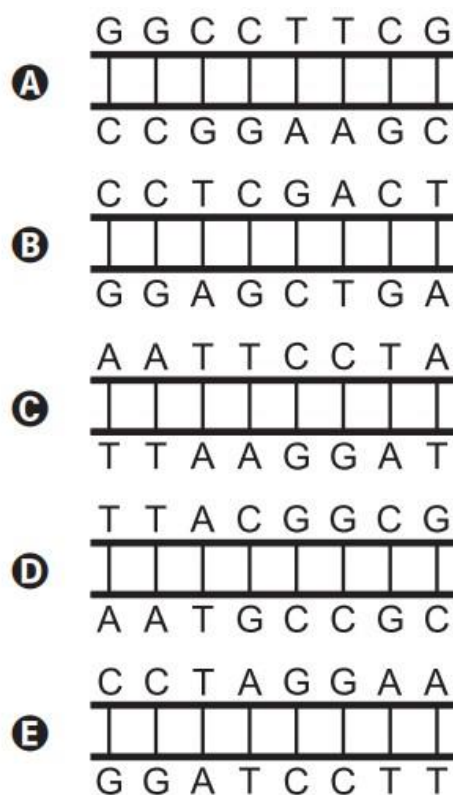
RICHARDS, C. S. et al. The American Journal of Human Genetics, n. 4, 1990 (adaptado).

A diferença na manifestação da DMD entre gêmeas pode ser explicada pela

- A) dominância incompleta do alelo mutante em relação ao alelo normal.
- B) Falha na separação dos cromossomos X no momento da separação dos dois embriões.
- C) recombinação cromossômica em uma divisão celular embrionária anterior à separação dos dois embriões.
- D) inativação aleatória de um dos cromossomos X em fase posterior à divisão que resulta nos dois embriões.
- E) origem paterna do cromossomo portador do alelo mutante em uma das gêmeas e origem materna na outra.

132 – A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica de biologia molecular que permite replicação *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação de PCR?



2018

95- No ciclo celular atuam moléculas reguladoras. Dentre elas, a proteína p53 é ativada em resposta a mutações no DNA, evitando a progressão do ciclo até que os danos sem reparados, ou induzindo a célula à autodestruição.

ALBERTS, B. et al. Fundamentos da biologia celular. Porto Alegre: Artmed, 2011 (adaptado).

A ausência dessa proteína poderá favorecer a

- A) redução da síntese de DNA, acelerando o ciclo celular.
- B) saída imediata do ciclo celular, antecipando a proteção a apoptose.
- C) ativação de outras proteínas reguladoras, induzindo a apoptose.
- D) manutenção da estabilidade genética, favorecendo a longevidade.
- E) proliferação celular exagerada, resultando na formação de um tumor.

112 - Um estudante relatou que o mapeamento do DNA da cevada foi quase todo concluído e seu código genético desvendado. Chamou atenção que compõem esse código genético e que a semente da cevada, apesar de pequena, possui um genoma mais complexo que o humano, sendo boa parte desse código constituída de sequências repetidas. Nesse contexto, o conceito de código genético está abordado de forma equivocada.

Cientificamente esse conceito é definido como

- A) Trinca de nucleotídeos que codificam os aminoácidos.
- B) localização de todos os genes encontrados em um genoma.
- C) codificação de sequências repetidas presentes em um genoma.
- D) conjunto de todos os RNAs mensageiros transcritos em um organismo.
- E) todas as sequências de pares de bases presentes em um organismo.

130 – Considere, em um fragmento ambiental, uma árvore matriz com frutos (M) e outras cinco que produzem flores e são apenas doadoras de pólen (DP1, DP2, DP3, DP4 e DP5). Foi excluída a capacidade de autopolinização das árvores. Os genótipos da matriz, da semente (S1) e das prováveis fontes de pólen foram obtidos pela análise de dois locos (loco A e loco B) de marcadores de DNA, conforme figura.

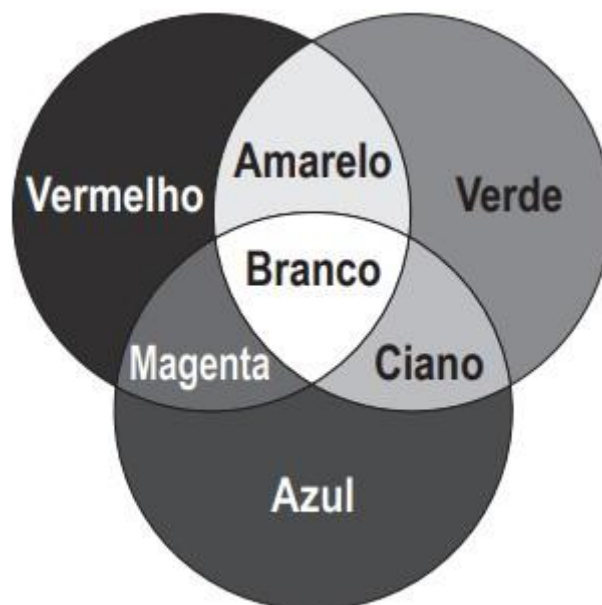


COLLEVATTI, R. G.; TELLES, M. P.; SOARES, T. N. Dispersão do pólen entre pequiyeiros: uma atividade para a genética do ensino superior. *Genética na Escola*, n. 1, 2013 (adaptado).

A progênie S1 recebeu o pólen de qual doadora?

- A) DP1
- B) DP2
- C) DP3
- D) DP4
- E) DP5

103 - Os olhos humanos normalmente têm três tipos de cones responsáveis pela percepção das cores: um tipo para tons vermelhos, um para tons azuis e outro para tons verdes. As diversas cores que enxergamos são o resultado da percepção das cores básicas, como indica a figura.



A protanopia é um tipo de daltonismo em que há diminuição ou ausência de receptores da cor vermelha. Considere um teste com dois voluntários: uma pessoa com visão normal e outra com caso severo de protanopia. Nesse teste, eles devem escrever a cor dos cartões que lhes são mostrados. São utilizadas as cores indicadas na figura.

Para qual cartão os dois voluntários identificarão a mesma cor?

- A) Vermelho.
- B) Magenta.
- C) Amarelo.
- D) Branco.
- E) Azul.

106 - Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

TURNPENNY, P. D. Genética médica. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

- A) A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
 - B) Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
 - C) As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
 - D) Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
 - E) O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.
-

110 - Na família Retroviridae encontram-se diversos vírus que infectam aves e mamíferos, sendo caracterizada pela produção de DNA a partir de uma molécula de RNA. Alguns retrovírus infectam exclusivamente humanos, não necessitando de outros hospedeiros, reservatórios ou vetores biológicos. As infecções ocasionadas por esses vírus vêm causando mortes e grandes prejuízos ao desenvolvimento social e econômico. Nesse contexto, pesquisadores têm produzido medicamentos que contribuem para o tratamento dessas doenças.

Que avanços tecnológicos têm contribuído para o tratamento dessas infecções virais?

- A) Melhoria dos métodos de controle dos vetores desses vírus.
- B) Fabricação de soros mutagênicos para combate desses vírus.
- C) Investimento da indústria em equipamentos de proteção individual.
- D) Produção de vacinas que evitam a infecção das células hospedeiras.
- E) Desenvolvimento de antirretrovirais que dificultam a reprodução desses vírus.