

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL

STÉPHANE DE CARVALHO

CSuaI: investigação criminal

Ituiutaba - MG

2024

STÉPHANE DE CARVALHO

CSuaI: investigação criminal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Azenha Alves de Rezende

Ituiutaba - MG

2024

STÉPHANE DE CARVALHO

CSuaI: investigação criminal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Ituiutaba, 19 de abril de 2024

Banca Examinadora:

Alexandre Azenha Alves de Rezende – Doutorado (UFU)

Luciana Karen Calábria – Doutorado (UFU)

Ana Paula Romero Bacri – Doutorado (UFU)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Margarete e Jocemar, que não mediram esforços para caminharem ao meu lado, apoiando e incentivando em todos os momentos. Vocês são minha fonte de inspiração e força, e este trabalho é dedicado a vocês.

Agradeço ao meu namorado Yan César pelo apoio e suporte, me encorajando a superar meus próprios limites do início ao fim da graduação e deste trabalho. Obrigada por todo companheirismo e por ter acreditado em mim.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo os desafios e as alegrias desta jornada acadêmica, agradeço por todo o apoio, incentivo e momentos memoráveis que vivemos juntos. A presença de vocês tornou os desafios mais leves.

À banca examinadora, composta pelas professoras Dra. Ana Paula Romero Bacri e Dra. Luciana Karen Calábria, por terem aceitado o convite. Suas valiosas sugestões e críticas são fundamentais para o aprimoramento deste trabalho.

Ao meu professor e orientador, Dr. Alexandre Azenha Alves de Rezende, expresso minha profunda gratidão. Sua orientação, dedicação, paciência e sabedoria foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade concedida através das bolsas de Residência Pedagógica e no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência, fornecendo suporte financeiro para o meu desenvolvimento profissional e pessoal no processo de formação.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia - Campus Pontal e todo o corpo docente do Curso de Ciências Biológicas que contribuiu significativamente para a minha formação, sendo um marco importante para minha trajetória acadêmica e profissional.

RESUMO

A genética molecular e a genética forense são áreas da Biologia que fornecem aos estudantes conhecimentos científicos, estímulo do pensamento crítico e desenvolvimento de habilidades técnicas, proporcionando maior entendimento da diversidade genética e contribuindo para a resolução de questões legais. Ademais, o uso de ferramentas moleculares para pesquisas genéticas, diagnóstico de paternidade, mapeamento genético, identificação de suspeitos e a resolução de casos também são realizados graças à genética, permitindo implementar banco de dados com o objetivo de auxiliar na solução de casos com a investigação de vítimas e de suspeitos por meio de vestígios biológicos, comprovando a inocência ou culpabilidade. Diante desse contexto, o jogo CSuaI foi desenvolvido, sendo um material didático que visa estimular o interesse e a curiosidade de estudantes no estudo da genética molecular e suas aplicações, possibilitando a aprendizagem por investigação, além de facilitar a compreensão dos termos e técnicas envolvidos na análise do genoma humano, relacionando o conhecimento científico com fenômenos do cotidiano. Por meio desse recurso educativo, busca-se promover o aprendizado ativo, reforçar habilidades cognitivas e proporcionar uma visão mais ampla sobre a importância das análises moleculares na investigação forense e na justiça criminal. Assim, devem ser oportunizadas práticas reflexivas que fomentem a pesquisa, coleta e seleção de informações e aplicação do conhecimento. Nesse sentido, a utilização de jogos didáticos pode ser um caminho viável, já que pode auxiliar no preenchimento de diversas lacunas deixadas pelo processo de transmissão-recepção do conteúdo, facilitando a construção e apropriação do conhecimento, ampliando as possibilidades de visualização do conhecimento científico e despertando o interesse e a curiosidade de estudantes, além de contribuir para ampliação do repertório didático de professores de Genética.

Palavras-chave: Genética. Material didático. Aprendizado ativo.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DO JOGO.....	5
COMO APLICAR A ATIVIDADE.....	9
PROCEDIMENTOS PARA OS ALUNOS.....	10
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	12
PARA SABER MAIS.....	12
APÊNDICE.....	14
ANEXO.....	28

APRESENTAÇÃO

O formato deste Trabalho de Conclusão de Curso cumpre as normas aprovadas pelo Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal (ICENP) da Universidade Federal de Uberlândia (Portaria COBIP Nº 18, de 13 de setembro de 2023) e o modelo padrão divulgado no sítio do ICENP, aba TCC do Curso de Ciências Biológicas (http://www.icenp.ufu.br/system/files/conteudo/anexo_4794518_template_tcc_ufu.pdf).

Este trabalho foi redigido no formato de artigo científico, em português, representando o estudo na íntegra. A estrutura apresentada a seguir respeita as normas da revista Genética na Escola (Anexo), escolhida pela discente e orientador, e será submetido somente após as considerações dos membros da banca examinadora e correções sugeridas, se houver.

Apresentação do jogo

A genética molecular e a genética forense são ramos que desempenham papéis fundamentais no estudo da hereditariedade e na aplicação prática dessa informação em contextos legais. A genética molecular concentra-se no estudo das estruturas e funções dos genes em nível molecular, analisando o DNA e os processos bioquímicos que regulam a expressão gênica. Por outro lado, a genética forense utiliza esses princípios para investigar e resolver crimes, identificando indivíduos por meio de seu perfil genético único. Ambas as áreas desempenham papel crucial na ciência e na justiça, fornecendo maior compreensão da diversidade genética e a resolução de questões legais.

Atualmente, o uso de ferramentas moleculares se tornou imprescindível para pesquisas genéticas, diagnóstico de paternidade, mapeamento genético e em aplicações práticas, como a genética forense, através das análises moleculares das evidências coletadas pertencentes à vítima e ao suspeito a partir da comparação dessas amostras e da aplicação de marcadores genéticos moleculares.

Os marcadores genéticos moleculares são sequências específicas no DNA que ocupam *loci* já identificados e podem ser usados na investigação forense. Sendo assim, existem diferentes tipos de marcadores (Figura 1), incluindo: Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNPs), os microssatélites (Sequências Simples Repetitivas - SSRs) e os VNTRs (Número Variável de Repetições em Tandem). Pode-se identificar também os marcadores de RFLP (Polimorfismo no Comprimento dos Fragmentos de Restrição) e de AFLP (Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos Amplificados Aleatoriamente).

A partir da utilização dessas ferramentas foi possível implementar banco de dados com o objetivo de auxiliar na solução de casos a partir da investigação de vítimas e de suspeitos. Por meio de vestígios biológicos é possível comprovar inocência ou culpabilidade, até mesmo em casos antigos que acabaram sendo arquivados por falta de provas (chamados de *cold hits*), no qual um indivíduo ainda não considerado suspeito, pode ser identificado por meio da base de dados.

O Sistema CODIS (*Combined DNA Index System*) foi iniciado em 1994 pelo FBI (*Federal Bureau of Investigation*) dos Estados Unidos, responsável por coletar amostras de DNA e armazenar perfis genéticos em bancos de dados para que haja a identificação de suspeitos em casos criminais.

A base deste sistema é a comparação de perfis genéticos obtidos a partir de vestígios biológicos encontrados em local de crime, com os cadastros no banco de identificação obtidos a partir de infrações anteriores (bancos de dados de perfis de DNA de criminosos), portanto,

todo material biológico colhido em cena de crime pode fornecer perfil genético para o Índice Forense (DECANINE, 2016).



Figura 1: Representação esquemática de três marcadores genéticos: STR (A), SNP (B) e VNTR (C), com destaque para as alterações identificadas (Fonte: Os autores).

Inicialmente havia sido determinado somente 7 *loci* estabelecidos pelo *European Standard Set* (ESS), sendo os STRs autossômicos D3S1358, D8S1179, D18S51, D21S11, FIBRA, TH01 e vWA. Porém, posteriormente, houve modificações pelo *The European Network of Forensic Science Institutes* (ENFSI) para 12 *loci*, sendo adicionados os marcadores STR autossômicos D1S1656, D2S441, D10S1248, D12S391 e D22S1045.

Em contraponto, os Estados Unidos da América adicionaram aos 7 *loci* presentes na ESS, mais 6 (totalizando 13), designados como CODIS *core loci* (Tabela 1), compostos pelos marcadores TPOX, vWA, TH01, D3S1358, FIBRA, D5S818, CSF1PO, D7S820, D8S1179, D13S317, D16S539, D18S51, D21S11 e o gene homólogo da amelogenina (X e Y). Porém, em 2015, foram adicionados os *loci* D1S1656, D2S441, D2S1338, D10S1248, D12S391, D19S433 e D22S1045, totalizando 20 (Tabela 2) que foram denominados *Expanded CODIS core loci* (RESENDE, 2016).

Tabela 1: Marcadores genéticos moleculares que compõem o Sistema CODIS *core loci* com as respectivas localizações cromossômicas (Fonte: Os autores)

Marcador STR	Localização
D3S1358	3p21.31
D8S1179	8q24.13
D18S51	18q21.3
D21S11	21q21.1
FIBRA	4q31.3
TH01	11p15.5
vWA	12p13.31
TPOX	2p25.3
D5S818	5q23.2
CSF1PO	5q32
D7S820	7q21.11
D13S317	13q31.1
D16S539	16q24.1

No Brasil, a Lei nº 12.654/12 que entrou em vigor em 26 de novembro de 2012, instituiu a identificação criminal por perfil genético no ordenamento jurídico brasileiro, conferindo-lhe finalidades diversas, variáveis de acordo com o momento processual e o objetivo de sua realização. Essa Lei foi imprescindível para a obrigatoriedade da coleta, armazenamento e atualização dos materiais biológicos encontrados em investigações ou até mesmo em casos de pessoas desaparecidas, sendo possível realizar comparações com as amostras presentes no banco de dados.

Tabela 2: Marcadores genéticos moleculares que compõem o *Expanded CODIS core loci* com as respectivas localizações cromossômicas (Fonte: Os autores).

Marcador STR	Localização
D2S441	2p14
D2S1338	2q35
D10S1248	10q26.3
D12S391	12p13.2
D19S433	19q12
D22S1045	22q12.3
D1S1656	1q42.2

Por sua vez, o Decreto 7.950/2013 instituiu, no âmbito do Ministério da Justiça, o Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) e a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG). O BNPG tem aumentado significativamente nos últimos anos (Figura 2) e possui como objetivo armazenar dados de perfis genéticos coletados para subsidiar ações destinadas à apuração de crimes e à identificação de pessoas desaparecidas. A RIBPG permite o compartilhamento e a comparação de perfis genéticos constantes dos BDPG da União, dos Estados e do Distrito Federal. Atualmente, as 27 unidades federativas ajudam na atualização do BDPG, já que podem realizar as comparações dos perfis por meio dos 22 laboratórios de genética forense disponíveis pelo Brasil.

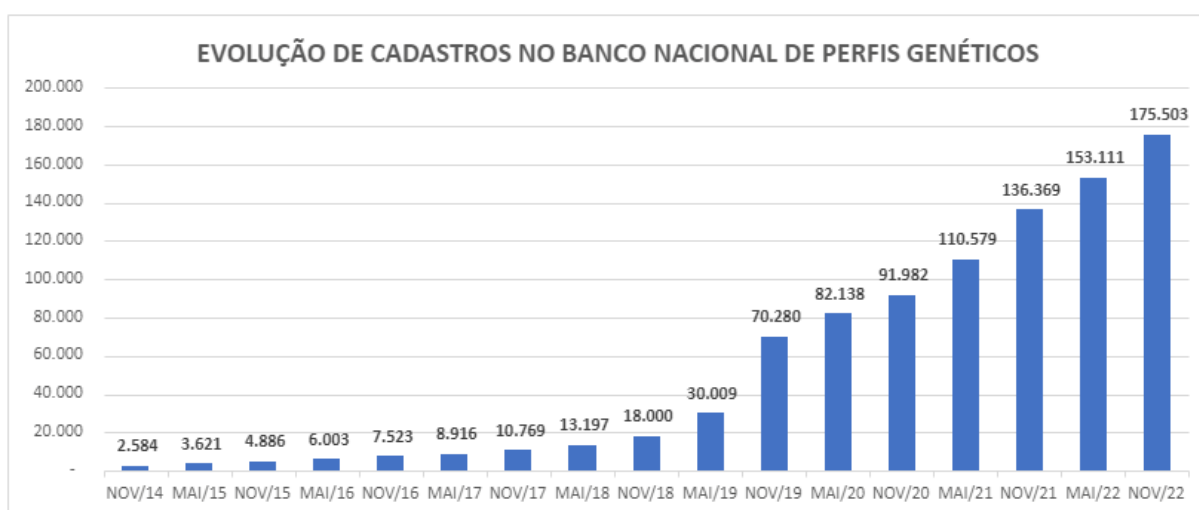


Figura 2: Gráfico contemplando a atualização de cadastros no Banco Nacional de Perfis Genéticos no período de novembro de 2014 à novembro de 2022 (Fonte: Adaptado de RIBPG, 2022).

Mediante este contexto, criamos um jogo chamado CS-UaI, a fim de desenvolver o interesse e a curiosidade de estudantes universitários no estudo da genética molecular e suas aplicações, possibilitando a aprendizagem por investigação e, ainda, facilitar a compreensão de termos e técnicas envolvidas no estudo e na análise do genoma humano, estimulando a contextualização do conteúdo, aprendizado ativo, reforço de habilidades cognitivas, colaboração e interação social, relacionando o conhecimento com fenômenos do cotidiano.

O ensino é, frequentemente, pautado na fixação de conteúdos que, não raro, são apresentados por meio de aulas expositivas, tendo o/a professor/a como centro do processo. O ambiente formal de ensino deve continuamente fornecer condições adequadas para a promoção do processo de ensino-aprendizagem. Assim, devem ser oportunizadas práticas reflexivas que fomentem a pesquisa, coleta e seleção de informações e aplicação do conhecimento. Nesse sentido, a utilização de jogos didáticos pode ser um caminho viável, já que pode auxiliar no preenchimento de diversas lacunas deixadas pelo processo de transmissão-recepção do conteúdo, facilitando a construção e apropriação do conhecimento, ampliando as possibilidades de visualização do conhecimento científico e despertando o interesse de estudantes que terão participação mais ativa no processo, além de contribuir para ampliação do repertório didático de professores de Genética.

Este recurso didático na forma de jogo de tabuleiro, tem o intuito de abordar os conceitos chaves sobre o conteúdo de biologia molecular com aplicação na genética forense e investigação criminal. Ainda, pode-se empregar conceitos relacionados aos polimorfismos genéticos, marcadores genéticos moleculares, técnicas laboratoriais empregadas na análise de materiais biológicos, como PCR e eletroforese. Além disso, a aplicação deste jogo tem o intuito de apontar para estudantes do Ensino Superior a significativa importância do estudo e composição das análises moleculares e a atualização do BNPG para a solução de investigações forenses, compreendendo também sobre a investigação policial e como funciona o contexto pericial e judicial.

Como aplicar a atividade?

O/a docente deve providenciar a impressão do tabuleiro do jogo, assim como das cartas, para que seja possível a prática em sala. A turma pode ser dividida em 4 grupos (cada equipe terá um pino com cor correspondente). Tanto o/a docente quanto os/as estudantes podem conferir as regras do jogo na seção de **“Procedimentos para os alunos”** e o restante do material, como cartas do jogo, tabuleiro, peões que constam em **“Apêndice”**. Além das cartas que já apresentam perguntas, o/a docente terá a opção de criar questões que sejam pertinentes

ao conteúdo abordado em sala de aula, utilizando para tanto, as cartas em branco que fazem parte do jogo.

Para que os/as discentes entendam sobre a investigação apresentada pelo material didático, o/a docente deve fazer o relato do caso proposto para iniciar o processo investigativo na descoberta do/a suspeito/a, empregando o conhecimento sobre técnicas essenciais para as análises de materiais biológicos encontrados na cena do crime citado na história, como extração de ácidos nucleicos, eletroforese e PCR. Diante disso, será possível realizar uma revisão sobre tópicos da genética forense e biologia molecular.

No contexto da aplicação do jogo, é recomendado que haja uma revisão sobre os conteúdos abordados e esclarecimento de dúvidas, além de levar curiosidades para a sala de aula abordando sobre o papel da Polícia Científica e a importância de uma investigação minuciosa e os desdobramentos judiciais. O/a docente que for aplicar o jogo, ficará responsável por avaliar se as respostas estão corretas e aplicar as regras do jogo. No decorrer do jogo, passando pelas casas que apresentam alguns ícones (policial, pipeta, DNA, termociclador, fonte de eletroforese e suspeito), pistas (disponibilizadas no Apêndice) serão lidas pela pessoa que fará a mediação do jogo. Assim, todas as pessoas que estiverem jogando terão a oportunidade de identificar quem cometeu o crime. Porém, o ganhador estará condicionado à correta interpretação da representação de um gel de eletroforese com diferentes perfis genéticos.

Procedimentos para alunos

Cada equipe deve escolher um peão e colocar no ponto de início no tabuleiro do jogo. As cartas deverão ser embaralhadas e dispostas em três conjuntos: “perguntas”, “crime” e “julgamento”. O primeiro conjunto trata-se das cartas “perguntas”, apresentando questões sobre biologia molecular e genética, características dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e suas diferenças, além da definição e aplicação de *primers*, genes, marcadores genéticos, polimorfismos, propriedades do código genético, fenótipo, genótipo, hereditariedade, evolução, técnicas moleculares, e também, alguns questionamentos sobre vestígios biológicos e atuação da Polícia Científica. Já o conjunto “crime”, indica procedimentos realizados em laboratório, como análises de materiais biológicos, vestimenta e biossegurança no espaço de investigação, armazenamento e transporte de vestígios e sobre falhas no emprego de técnicas moleculares, fazendo com que a equipe que estiver nas casas indicadas como “crime” fique uma rodada sem jogar.

Por fim, a carta “julgamento” será acompanhada de uma representação esquemática de um gel de eletroforese para análise e acusação. Esta representação deverá permanecer virada

durante todo o jogo para que os participantes não visualizem os perfis genéticos. Diante da análise dos perfis genéticos sugeridos, a equipe deverá elucidar o crime. Caso a equipe faça a acusação de maneira inadequada, perderá o jogo. Por outro lado, caso seja elucidado o crime, a carta julgamento que possui a pena atribuída a quem cometeu o crime, deverá ser lida e esta equipe será considerada vencedora. A penalidade está prevista de acordo com o Código Penal.

Para iniciar a partida, as equipes devem jogar o dado e quem obtiver o maior número começa. Uma vez já estabelecida a ordem dos/as participantes, deve-se jogar o dado para que a primeira equipe se mova a partir do número obtido. Ao parar nas casas amarelas (ou com ícones), a equipe deve retirar uma carta do monte “perguntas” e terá o tempo de até um minuto para respondê-la. Se a equipe errar a resposta, terá que retroceder a mesma quantidade de casas que havia avançado ao lançar o dado. Caso acerte, deverá permanecer na casa da respectiva pergunta. Portanto, conforme as equipes forem passando pelos ícones presentes no tabuleiro, receberão informações sobre o caso em questão, ou seja, ao passar pelo ícone “Policial” serão dadas informações sobre a investigação, como as evidências coletadas no local do crime (manchas de sangue e pele coletada embaixo da unha da vítima) e informações sobre os suspeitos (irmão, irmã e mãe). Já o ícone “Pipeta” indica sobre como as amostras biológicas podem oferecer dados em relação aos perfis genéticos, além de retratar sobre os parâmetros no momento de coleta das amostras. O ícone “DNA” representa quais marcadores genéticos são utilizados na investigação forense (VNTR, SNPs e STR) e o ícone “PCR” aborda sobre a funcionalidade do processo e os resultados obtidos pelas amplificações de todas as amostras. Por fim, o ícone “Eletroforese” descreverá sobre a importância de sua função e aplicação na investigação forense.

Caso alguma equipe pare na casa “crime”, a equipe ficará uma rodada sem jogar. A partida será encerrada quando a primeira equipe chegar ao ponto final, o qual se refere ao julgamento. Para tanto, o primeiro grupo que alcançar esta casa, deverá analisar a representação de um gel de eletroforese com diferentes perfis genéticos, apresentados em ordem, como perfil da vítima (1), do irmão mais velho (2), da irmã (3) e da mãe (4), a primeira evidência equivalente às manchas de sangue encontradas no lençol da cama da vítima (5) e a segunda evidência sendo resquícios de pele encontrados embaixo da unha da vítima (6). Deste modo, o grupo deverá realizar uma comparação entre os perfis genéticos e as evidências para identificarem o/a autor/a do crime. Se a análise for correta, o grupo poderá pegar a carta “Julgamento” para a finalização do jogo.

Considerações Finais

O desenvolvimento deste jogo não se refere somente a uma aplicação de conceitos teóricos aprendidos em sala, mas à oportunidade de criar uma ferramenta para a disseminação do conhecimento em uma área tão fundamental e ao mesmo tempo complexa para a maior parte dos/das estudantes da universidade, como a Genética. Isso permite também, em relação ao papel como futura educadora, adaptar abordagens de ensino diante da constante evolução no ambiente educacional.

A relevância da aplicação desse jogo como uma ferramenta pedagógica se estrutura pela capacidade de reforçar os conteúdos teóricos de forma lúdica e envolvente, através de desafios e situações práticas simuladas, fazendo com que os/as estudantes sejam capazes de aplicar os conceitos de genética molecular e forense de uma maneira dinâmica, o que contribui significativamente para a compreensão e reforço do conteúdo já visto.

Além disso, esse material didático aborda temas importantes, como a existência do BNPG, proporcionando aos participantes uma reflexão sobre as implicações éticas e legais associadas à utilização das informações genéticas e o quão relevantes são, em vários aspectos, para a sociedade contemporânea.

Espera-se que o jogo didático desenvolvido possa ser utilizado como uma ferramenta complementar no ensino de genética molecular e forense, incentivando a utilização de metodologias ativas e interativas no ensino de genética, contribuindo para o desenvolvimento de uma variedade de habilidades cognitivas e sociais dos/as estudantes.

Para saber mais

AUGUSTI, Mariana. Identificação criminal por perfil genético (Lei nº 12.654/12): análise sob a ótica do princípio da proporcionalidade e sua relevância para a atuação do Ministério Público. **Revista Jurídica da Escola Superior do Ministério Público de São Paulo**, v. 7, p. 109-127, 2015. Disponível em: https://es.mpsp.mp.br/revista_esmp/index.php/RJESMPSP/article/view/202

DECANINE, Daniele. O papel de marcadores moleculares na genética forense. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 5, n. 2, p. 18-27, 28 jul. 2016. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6522989/mod_resource/content/1/Artigo_Decaine_2016.pdf

RESENDE, Ana Filipa Tavares 1991. **Estudo dos marcadores genéticos dos sistemas CODIS e ESS na população imigrante de Cabo Verde residente em Lisboa**. 2016. Master's thesis — [s. n., s. l.], 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/24337>.

TRINDADE, Bruno Rodrigues; NETO, João Costa. Banco Nacional de Perfis Genéticos: exame de constitucionalidade à luz da dignidade humana. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, v. 9, n. 1, p. 175, 8 nov. 2018. Disponível em: <https://periodicoshom.pf.gov.br/index.php/RBCP/article/view/515>

APÊNDICE

Crime a ser desvendado

30ª EDIÇÃO

MINAS NEWS

SEGUNDA-FEIRA (5 DE NOVEMBRO)

CRIME NA
ZONA RURAL

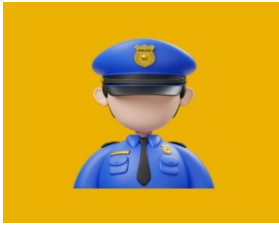
Para a comemoração do centenário da matriarca de uma das famílias mais tradicionais da cidade, familiares se reuniram para um jantar especial, porém ninguém imaginaria que uma noite tão especial acabaria em uma tragédia. Uma herança milionária deixada pelo patriarca teria sido a motivação para que uma discussão culminasse em assassinato. Um dos três filhos foi encontrado, já sem vida, deitado em sua cama na manhã seguinte. Pequenas manchas de sangue no lençol foram coletadas para investigação. Ainda, vestígios parecidos com pele foram coletadas sob a unha da vítima.

Segundo relato de testemunhas ouvidas pela polícia, houve briga e agressão física por parte do irmão mais velho. A motivação, aparentemente, seria porque o caçula não era filho biológico do casal e mesmo assim teria direito a parte da herança.

O que houve dentro daquele quarto? Quem de fato cometeu o homicídio?

Este trabalho investigativo é tarefa para o grupo seletivo de geneticistas do **CS-Uai** desvendar se houve assassinato naquela noite. Desvende, utilizando seus conhecimentos em genética este crime que mudou a vida de todos para sempre...

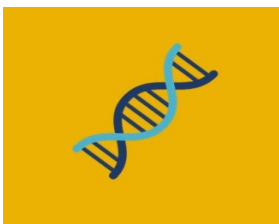
Pistas



No local do crime, foram coletadas as evidências respectivas de manchas de sangue e pele coletada embaixo da unha da vítima. Dessa forma, são apontados como suspeitos o irmão, a irmã e a mãe.



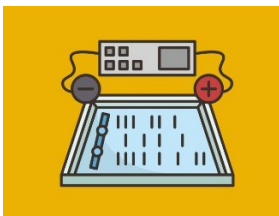
As amostras foram devidamente coletadas com as identificações de cada evidência e com o isolamento do local de crime. Assim, a partir do material biológico encontrado, o DNA será extraído e analisado para identificar os perfis genéticos únicos de um indivíduo.



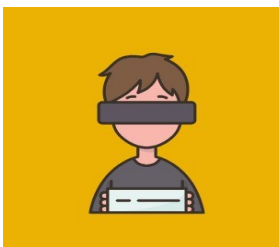
O marcador genético utilizado na investigação forense foi o Short Tandem Repeats (STR) devido à sua ampla utilização em testes de DNA para a identificação de suspeitos e a resolução de crimes, pela possibilidade de serem amplificados em inúmeras cópias.



A técnica de PCR foi utilizada para amplificar o DNA das amostras biológicas coletadas (sangue e pele), permitindo a análise do DNA para a identificação do suspeito através da comparação de perfis genéticos.

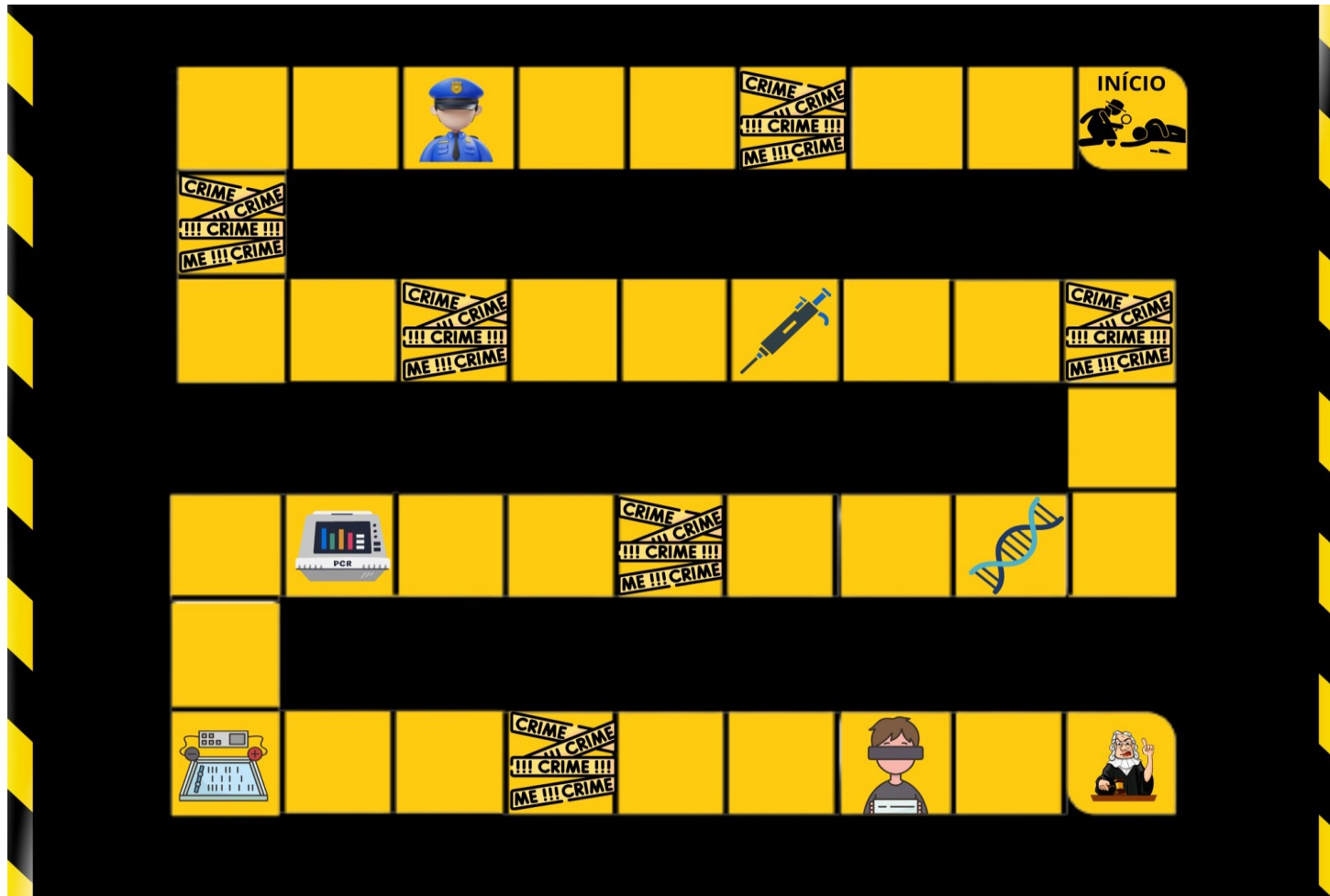


A técnica de Eletroforese foi utilizada para separar e analisar os fragmentos de DNA amplificados pela técnica de PCR, criando um perfil genético que pode ser comparado com as amostras de referência e assim, identificar o suspeito do crime.



Obteve-se correspondência de perfil genético entre as amostras biológicas coletadas e os perfis genéticos dos suspeitos.

Tabuleiro



Cartas

	1 Qual o nome dado ao processo biológico pelo qual cópias idênticas de moléculas de DNA são formadas?		2 Durante o fluxo da informação genética, qual o nome do processo em que parte do DNA é utilizado na obtenção de uma molécula de RNA?
	3 O que é um <i>primer</i> e qual a sua função?		4 O que é um gene?
	5 Cite 3 diferenças entre DNA e RNA.		6 “O mRNA é uma molécula que contém a informação utilizada na síntese de proteínas” Essa afirmação é verdadeira ou falsa?
	7 Qual é a importância de um marcador molecular?		8 Qual o significado de polimorfismo genético?

	9 “Promotores são sequências de DNA específicas às quais diferentes RNA polimerases se ligam de acordo com a sua afinidade”. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?		10 Cite 3 técnicas de Biologia Molecular com aplicação forense.
	11 Por que o uso da PCR durante o processo de investigação forense é tão frequente?		12 Se uma fita de DNA contendo a sequência 3'TACGCATCGAGT5' for transcrita, qual será a sequência do RNA?
	13 Quais os cuidados que devem ser tomados ao coletar evidências para garantir que os vestígios coletados sejam utilizados como prova?		14 Quais são as etapas necessárias durante o processo de extração de DNA?
	15 O que é cadeia de custódia?		16 Qual é o sentido seguido pela DNA Polimerase durante a síntese de DNA?

	17 Quais são os tipos de RNA?		18 Cite 3 funções dos RNA's.
	19 O que são códon's?		20 "Em uma cena de crime, o local deve ser preservado e apenas familiares podem circular livremente no local". Essa afirmação é verdadeira ou falsa?
	21 Qual a diferença entre os marcadores VNTR, SNP e STR?		22 O que é Sistema CODIS e qual a sua relevância?
	23 O que é fenótipo?		24 O que é genótipo?

	25 Um gene de eucarioto geralmente apresenta três componentes básicos em sua estrutura. Quais são eles?		26 Qual o tipo de ligação que une os nucleotídeos para formar um único filamento de DNA?
	27 Quais são as classes de bases nitrogenadas que compõem o DNA e o RNA?		28 "A dupla fita da molécula de DNA se mantém unida por ligações iônicas". Essa afirmação é verdadeira ou falsa?
	29 "A replicação, transcrição e tradução em eucariotos acontecem no mesmo ambiente celular". Essa afirmação é verdadeira ou falsa?		30 Ao realizar eletroforese após amplificação de um marcador genético molecular por PCR, foi identificada apenas uma banda de 320 pb. O que isso pode significar em relação ao genótipo?
	31 Em relação à estrutura do DNA, quantas ligações de hidrogênio a timina faz com a adenina? E a citosina com a guanina?		32 O ribossomo de eucarioto é idêntico ao de procarioto. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?

	33 Qual deve ser o primeiro aminoácido de uma proteína?		34 Qual o nome dado às sequências de DNA que são removidas após a transcrição de um gene?
	35 Materiais biológicos processados por laboratórios que possuem o devido registro e autorização sempre podem ser apresentados como evidências de um crime. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?		36 O que é o processo de recombinação gênica? Qual é a sua contribuição para a Evolução?
	37 Cite, ao menos, uma semelhança entre mutação e recombinação gênica.		38 Por que a seleção natural é um importante fator para a evolução?
	39 O que são genes recessivos?		40 Qual a definição para "Código Genético"? Por que ele é considerado semi-universal?

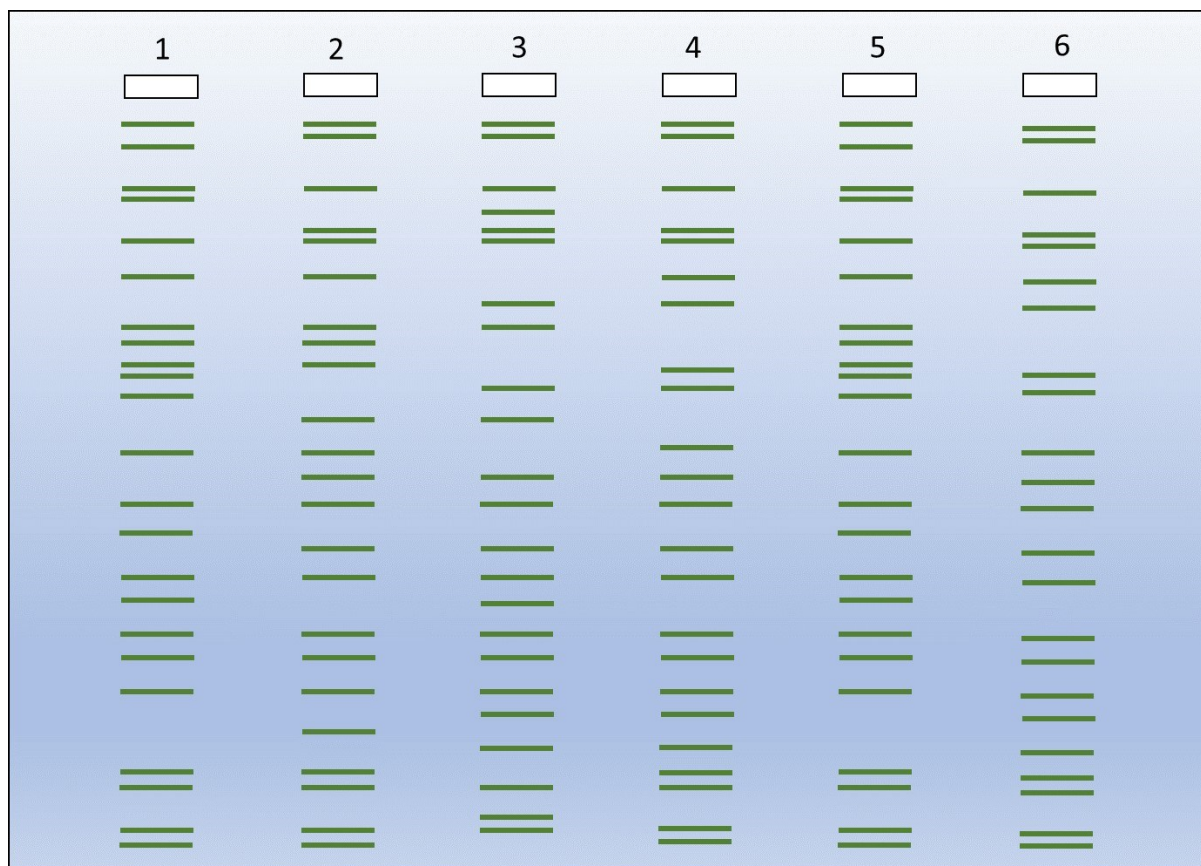
	41 Qual a função do <i>locus</i> gênico?		42 O que são cromossomos homólogos?
	43 Como podem ser explicadas as semelhanças observadas entre parentais e filhos? Explique aplicando apenas um conceito.		44 Quais são as três unidades básicas para a constituição de um nucleotídeo?
	45 Qual a definição do mecanismo de <i>crossing over</i>? Qual sua importância para a espécie humana?		46 Cada organismo possui dois alelos para cada gene, sendo um em cada cromossomo. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?
	47 O cromossomo pode ser definido como DNA no seu maior grau de condensação. Essa condensação é possível graças à ação de qual classe de proteína?		48 Qual a definição de aminoácidos?

	49 A técnica de PCR é constituída por cerca de 3 etapas que se repetem geralmente por mais de 30 ciclos. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?		50 Quais são as etapas da técnica de eletroforese?
	51 Como que a atualização do banco de dados auxilia em aplicações forenses específicas?		52 Ao coletar e apresentar uma evidência, é possível já condenar um suspeito?
	53 O que são vestígios biológicos? Dê exemplos.		54 Como o DNA pode servir de prova para solucionar um crime?
	55 Qual o papel do perito criminal em uma investigação?		56 Como é denominada a constituição cromossômica de um indivíduo?

	57		58
	59		60
	Você cometeu erro laboratorial: faltou identificação em uma de suas análises. Esse tipo de ocorrência pode levar a perda de seu material, erro nas análises e até mesmo entrega de resultados equivocados. Fique uma rodada sem jogar.		Aconteceu um acidente: durante a realização da PCR acabou a energia e não foi possível amplificar o alvo de pesquisa. Fique uma rodada sem jogar.
	Você cometeu um erro: a cena do crime não foi preservada, houve interferência da população. Fique uma rodada sem jogar.		Você cometeu um erro: uso de pipeta descalibrada e a amostra adicionada ao gel de eletroforese foi insuficiente e impossibilitando a visualização dos fragmentos. Fique uma rodada sem jogar.

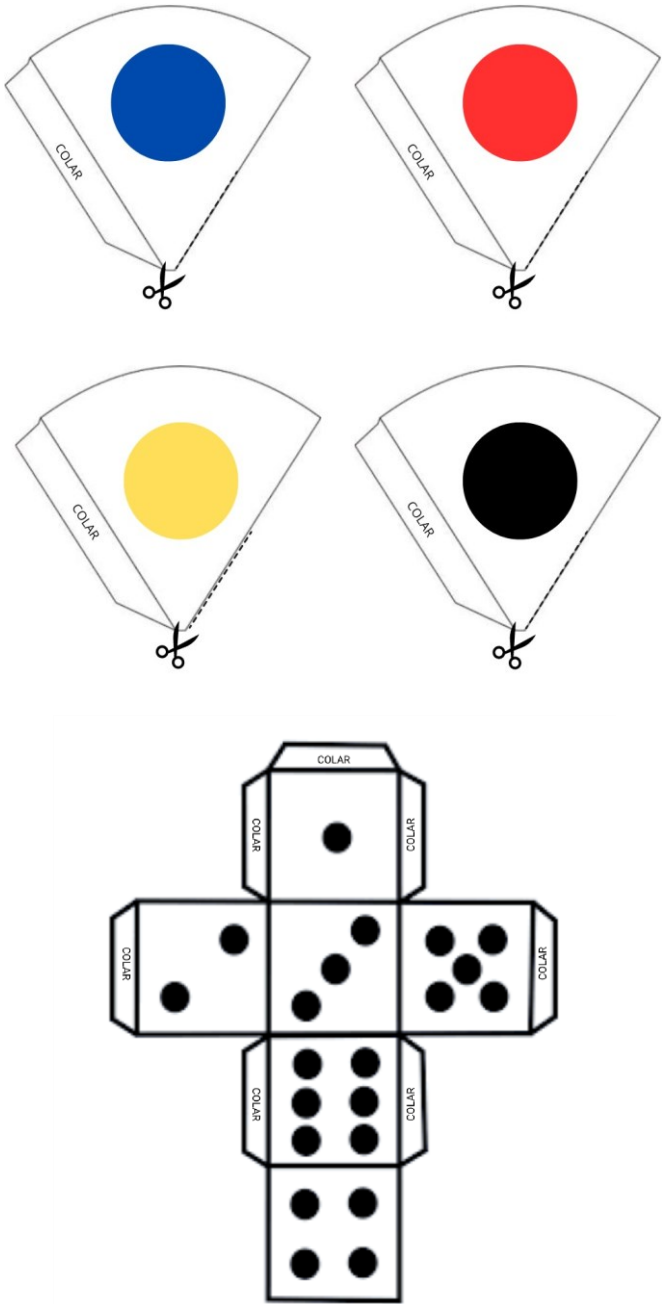
	Você cometeu um erro: ao inserir a amostra no gel houve a perfuração do mesmo e a amostra foi perdida. Fique uma rodada sem jogar.		Você cometeu um erro: esqueceu de ajustar o pH da solução tampão de eletroforese. Fique uma rodada sem jogar.
	Você cometeu um erro: durante a PCR os <i>primers</i> formaram dímeros e não amplificaram os alvos da amostra. Fique uma rodada sem jogar.		Você cometeu um erro: usou heparina para coletar o sangue na cena do crime e a PCR foi inibida. Fique uma rodada sem jogar.
	Você cometeu um erro: usou luvas com talco contaminando as amostras e a amplificação dos alvos não correu. Fique uma rodada sem jogar.		Você cometeu um erro: contaminou uma evidência que seria usada como prova para a acusação. Fique uma rodada sem jogar.
	Você cometeu um erro: você esqueceu de armazenar os materiais biológicos em temperatura adequada para a conservação das amostras durante o transporte. Fique uma rodada sem jogar.		Você conseguiu solucionar a investigação! A mãe da vítima foi presa! A pena atribuída foi equivalente à 30 anos por tratar-se de um Homicídio Qualificado, comprovado por meio da análise do perfil genético.

Representação do Gel de Eletroforese



- O número 1 indica perfil genético da vítima;
- O número 2 indica perfil genético do irmão mais velho;
- O número 3 indica perfil genético da irmã;
- O número 4 indica perfil genético da mãe;
- O número 5 indica o perfil genético obtido por meio da análise das manchas de sangue no local do crime;
- O número 6 indica o perfil genético obtido por meio da análise da pele encontrada embaixo da unha da vítima.

Peões e Dado



ANEXO

NORMAS DE SUBMISSÃO DA REVISTA GENÉTICA NA ESCOLA

[Início](#) / [Submissões](#)

Submissões

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso. [Acesso](#) em uma conta existente ou [Registrar](#) uma nova conta.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

↑	O manuscrito atende ao foco e escopo da Genética na Escola.
↑	A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
↑	O manuscrito atende às Diretrizes para Autores .
↑	As propriedades do arquivo foram removidas para garantir que os autores não sejam identificados no processo de avaliação por pares.
↑	As figuras são autorais ou, quando elaboradas com base em imagens já publicadas, e que não são de livre acesso, estão acompanhadas de autorização de uso das imagens originais.
↑	Submeter junto ao manuscrito a carta de submissão preenchida com o título do manuscrito, nome dos autores, instituições a que pertencem, palavras-chave e e-mail do autor correspondente.

Diretrizes para Autores

- Os textos devem atender às diretrizes gerais descritas na linha editorial. Uma vez que os artigos são redigidos em estilo de **divulgação científica** não devem conter citações bibliográficas, a menos que seja absolutamente imprescindível. No final do artigo, algumas referências podem ser incluídas num item denominado **Para saber mais**, que não deverá conter mais do que 4 referências sobre o tema tratado.
- Os artigos submetidos devem ser digitados em fonte Times New Roman, número 12, espaço duplo, com margens de 2,5 cm, em página tamanho A4.

O texto não deverá exceder 4000 palavras, incluindo um breve resumo (exceto para as Resenhas, que não devem exceder 500 palavras e não conter resumo).

- O manuscrito contendo as figuras deve apresentar na primeira página o Título e a seção a que se destina.
- As figuras devem ser originais. Caso tenham sido anteriormente publicadas em periódicos científicos, os autores devem solicitar autorização de uso da imagem, que deve ser encaminhada junto com a submissão do manuscrito.

As submissões devem estar acompanhadas de uma Carta de Submissão que explicita contendo o título do artigo e a indicação da seção para o qual ele se destina, os nomes dos autores, email para correspondência da pessoa para correspondência, assim como as informações sobre suas formações acadêmicas, instituições em que trabalham e o endereço completo e até 6 palavras-chave. ([Modelo de Carta](#))

- No caso de **Imagens publicadas na Internet** podem ser enquadradas nas seguintes categorias de propriedade intelectual: (1) Proibição total para a reprodução ou o uso; (2) Exigência de autorização expressa para o seu uso gratuito ou remunerado. A exigência pode ser relativa à propriedade intelectual do autor da obra, ou do autor da fotografia da obra (fotografia de um quadro, p.ex.); (3) Exigência apenas da citação da fonte; (4) Destinação exclusiva ao mercado editorial, o que torna livre o uso na GE; (5) Domínio público, na qual não existe restrição.

Imagens fotográficas – (1) Provenientes da Internet ou em arquivo digital preexistente: prefira a opção com maior tamanho e melhor resolução; (2) **Digitalizadas por escaneamento:** selecione as cores em RGB, resolução de 300 dpi (pontos por polegadas), com largura entre 13,5 e 18 cm e altura máxima de 24,7 cm; (3)

Fotografias de objetos tridimensionais ou planos: ajuste a câmera para a máxima resolução, busque um local bem iluminado, evite luz lateral e/ou sombras intensas, sempre que possível, utilize um fundo uniforme, e verifique o enquadramento para não cortar parte do objeto.

Ilustrações, gráficos, infográficos, fluxogramas e esquemas – (1) Caso estejam em pixels (arquivos bitmap - .jpg, .psd, .tif e .png), a resolução deve ser de 300 dpi, largura entre 13,5 e 18 cm, altura máxima de 24,7 cm, e em cores RGB; (2) Serão aceitas ilustrações elaboradas em vetor (.ai, .eps, .cdr). Tamanho máximo das imagens: 18 cm de largura e 24,7 cm de altura. Caso haja a necessidade de publicar imagens maiores, destinadas à impressão, como tabuleiros, por exemplo, o arquivo deve ser enviado em 300 dpi, RGB, no formato desejado para a impressão.

As imagens podem ser inseridas no texto ou enviadas separadamente.

- Não são aceitas notas de rodapé. Conceitos não definidos no texto, assim como observações complementares, podem ser apresentados como uma breve descrição num glossário. Todos os termos que compõem o glossário devem ser apresentados no manuscrito, logo abaixo do item resumo.
- No caso de propostas para a Seção Materiais Didáticos o material deve ser apresentado em formato que permita a impressão dos componentes do Material Didático para uso em sala de aula.

Na sala de aula

Proporcionar a socialização e reflexão sobre iniciativas bem-sucedidas de professores em sala de aula. Os relatos de professores do Ensino Médio ou Superior sobre aulas e sequências didáticas devem explicitar as experiências vivenciadas de modo a permitir sua reprodução por interessados. São exemplos de iniciativas bem-vindas aquelas direcionadas para o aperfeiçoamento de professores, propostas de dinâmicas, sugestões de uso de materiais e roteiros de aula.

Materiais Didáticos

Divulgar materiais didáticos inéditos tais como jogos, atividades interativas, presenciais ou virtuais, modelos etc., que tenham como foco a aprendizagem de conceitos e não apenas a memorização de termos ou de mecanismos de execução mecânica de atividades e tarefas que atendam apenas o aspecto lúdico. A sugestão de uso do material didático, que deve constar do artigo, deve ter o aluno como protagonista de seu aprendizado. O material apresentado não precisa necessariamente ter sido anteriormente trabalhado com estudantes.

Genética e Sociedade

Relatar situações em que o conhecimento científico em Genética e Biologia Evolutiva tem desdobramentos na tecnologia, ou na indústria, na saúde, na natureza ou, de modo geral, na qualidade de vida das populações. Os textos também podem trazer reflexões sobre como fatores sociais (economia, legislação, religião, ética) interferiram ou interferem nas pesquisas científicas. Os textos devem estimular a reflexão sobre as relações do conhecimento científico com fatores socioculturais. Essa seção também se destina a divulgar a relevância histórica de instituições e pesquisadores eminentes.

Um Gene

Divulgar informações científicas sobre a natureza e o funcionamento de genes específicos e que apresentem importância científica, tecnológica, histórica ou social. Genes relacionados a doenças, agricultura, pecuária, domesticação de plantas e animais, por exemplo, podem ser analisados em detalhe. Genes importantes para o desenvolvimento histórico da Genética ou que trouxeram grandes contribuições tecnológicas também podem ser alvo desta seção. A intenção é trazer informações detalhadas, mas em linguagem mais simples que a estritamente acadêmica, sobre genes específicos, para aumentar o repertório de conhecimento e de possibilidades de trabalho de professores de sala de aula.

Resenhas

Abrigar resenhas de Materiais Didáticos (publicados em sites diferentes da Genética na Escola) softwares, sites, livros etc., com possibilidades de utilização em sala de aula. Além do material resenhado, descrito de maneira crítica, a resenha deve apresentar sugestão(ões) de como ele pode ser utilizado em ensino (ex.: indicações de para qual série o objeto seria adequado, com quais conteúdos escolares ele se articula). Não serão aceitas resenhas elaboradas pelos autores do material resenhado.

Conceitos em Genética

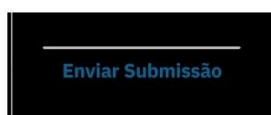
Esclarecer as ideias mais centrais da Genética e da Biologia Evolutiva. A intenção é definir os conceitos importantes, apontar aspectos frequentemente mal compreendidos por estudantes, retratar o desenvolvimento histórico das ideias, discutir desenvolvimentos científicos recentes que forneçam novos pontos de vista sobre temas centrais, atualizar ou redefinir conceitos.

Declaração de Direito Autoral

Ao submeter o manuscrito os autores concordam que o copyright de seu artigo seja transferido para a Sociedade Brasileira de Genética, se e quando o artigo for aceito para publicação. Excetuando-se o download e impressão, que são gratuitos, nenhuma parte desta publicação poderá ser utilizada sem permissão por escrito da Sociedade Brasileira de Genética.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.



Informações

[Para Leitores](#)

[Para Autores](#)

[Para Bibliotecários](#)

Genética na Escola, São Paulo, SP, Brasil, e-ISSN: 1980-3540

Platform &
workflow by
OJS / PKP