



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
Instituto de Ciências Biológicas - IB
Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO/UnB

**O ENSINO DA GENÉTICA HUMANA: PESQUISA E AVALIAÇÃO DE ARTIGOS
DA REVISTA *GENÉTICA NA ESCOLA* PARA A CONSTRUÇÃO DE UM JOGO
DIDÁTICO**

AILLA DE OLIVEIRA MOTTA

**BRASÍLIA - DF
2022**

AILLA DE OLIVEIRA MOTTA

**O ENSINO DA GENÉTICA HUMANA: PESQUISA E AVALIAÇÃO DE ARTIGOS
DA REVISTA *GENÉTICA NA ESCOLA* PARA A CONSTRUÇÃO DE UM JOGO
DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM
apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino
de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do
Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia
Macro projeto: Novas práticas e estratégias
pedagógicas para o ensino de Biologia
Linha de pesquisa: Comunicação, ensino e
aprendizagem de Biologia.

Orientadora: Dra. Maria de Nazaré Klautau
Guimarães

BRASÍLIA - DF

2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MMM921p Motta, Ailla de Oliveira
O ensino da Genética Humana: Pesquisa e avaliação de artigos da revista Genética na Escola para a construção de um jogo didático / Ailla de Oliveira Motta; orientador Maria de Nazaré Klautau Guimarães. -- Brasília, 2022. 118 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) -- Universidade de Brasília, 2022.

1. Genética Humana. 2. Ensino. 3. Contextualização. 4. Recurso didático. I. Klautau Guimarães, Maria de Nazaré , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus diante da oportunidade dessa nova jornada aqui na Terra, das faculdades que me foram dadas e que permitiram minha jornada até aqui.

Agradeço à minha professora e orientadora Dra. Maria de Nazaré Klautau Guimarães, por todo o apoio durante essa trajetória do mestrado, abrindo os caminhos para novos olhares, tornando a jornada sempre mais leve e carinhosa com suas orientações, sugestões e trocas por meio de conversas. Agradecer o incentivo e paciência ao longo da construção desse projeto, e por cada vez que me perguntava “Tudo bom, menina?” de forma tão natural e afável, que me acalentava o coração e dava um novo ânimo para seguir.

À minha noiva, Carmel Ramos, que tanto segurou a minha mão, sentou para estudar comigo, me levantou, enxugou minhas lágrimas, e aguentou as minhas lamúrias diante dos desafios e incertezas do mestrado e das mudanças provocadas pela pandemia.

Agradeço aos meus pais, Alexandre e Adjanira, e aos meus sogros, Leonardo e Zenaide, por sempre me apoiarem e por cada vez que me perguntavam como estavam as coisas do mestrado ou quando me mandavam ir embora logo após o almoço para voltar a estudar. Muito obrigada por sempre me cuidarem e me darem o melhor de vocês.

Aos meus colegas de turma, em especial à Fernanda, Renata e Neide que tanto me ajudaram e tornaram as etapas do mestrado mais sutis e alegres com cada conversa, sugestão e piada diante do desespero e do desconhecido.

À diretora da escola em que trabalho, Adriana Rabelo, por me incentivar, auxiliar e facilitar todo o processo de afastamento para estudo, e por sempre perguntar como andam as coisas do mestrado.

Por fim, agradeço às instituições reponsáveis por elaborar e desenvolver o PROFBIO, tornando possível a melhoria e a transformação da Educação Básica. Meus sinceros agradecimentos à Universidade de Minas Gerais (UFMG), à Universidade de Brasília (UnB) e à Capes pelo financiamento desta pesquisa pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

Relato do Mestrando - Turma 2020

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Mestranda: Ailla de Oliveira Motta
Título do TCM: Pesquisa e proposta de recurso didático de genética humana para o ensino médio
Data da defesa: 30/08/2022
<p>A minha primeira experiência com o ensino foi na barriga de minha mãe enquanto ela dava aula. Faço parte de uma família de professores, mas nenhum tinha se encantado pela área das Ciências da Natureza, e aqui estou eu dando lugar ao que faltava. Sempre gostei da área, tanto por meus professores na Educação Básica, quanto pelos doutores em minha formação superior. Sou formada em Ciências Biológicas, e tenho o título de bacharelada e licenciada. Tive a oportunidade de trabalhar em ambas as áreas ao longo de minha formação superior, e sou apaixonada por essa enorme variedade que a área me permite atuar, e porque não expandir esse universo? Foi assim que surgiu a ideia de fazer o mestrado. O que dizer da expectativa de cursar um mestrado à distância diante de uma realidade pandêmica, incerta e virtual? No mínimo desafiador e ao mesmo tempo assustador. As incertezas, a espera, a falta de contato, a mudança no trabalho, as adaptações das aulas virtuais, a escrita, o orientador, as provas, as aplicações práticas do que estávamos fazendo, um turbilhão de informações virtuais e nós lá no meio disso tudo em busca do nosso sonho. O curso finalmente começou, mas e agora? Como será? Os professores e coordenadores do curso foram fundamentais para nos auxiliar em manter a calma e a perseverança diante das dificuldades e dúvidas. A empatia, a paciência, os ajustes foram fundamentais para minimizar as perdas e maximizar o ganho diante do processo de ensino e aprendizagem que estávamos vivenciando. Agora para tornar possível o avanço diante de cada barreira foi essencial o companherismo daqueles que estavam nessa jornada comigo, os meus colegas de curso. Para compreender as diversas mudanças, não perder nenhum aviso, nenhuma orientação, para tirar aquela dúvida, para mostrar a luz no fim do túnel, para segurar a minha mão, para me ajudar com a tecnologia, para me apresentar novas ferramentas, para facilitar o meu acesso, os meus</p>

colegas de curso foram indispensáveis. Hoje, posso dizer, que o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) me proporcionou mudanças enquanto discente e docente, ampliou a minha visão e compreensão diante das dificuldades de meus alunos, bem como expandiu as possibilidades e ferramentas de ensino que sou capaz de compreender e utilizar para o ensino de Biologia. Muito disso também foi proporcionado pelo momento pandêmico em que o curso ocorreu, e às alternativas buscadas para proporcionar um ensino à distância de qualidade. Entretanto, como um programa novo, há muitas possibilidades de reformulação diante dos conteúdos e as formas como são ministrados. O foco nos conteúdos deve ser gradativamente consubstanciado pelo ensino de como ensinar, de novas ferramentas, e em como utilizar a abordagem investigativa durante o processo de ensino e aprendizagem. Para isso é fundamental o acompanhamento das novas diretrizes para o Novo Ensino Médio, público alvo do programa, e manter as abordagens, metodologias e ferramentas pedagógicas como centro do desenvolvimento das disciplinas. Enquanto docente, minha experiência e reflexão permeia a partir processo de ensino e aprendizagem e as trocas que ocorrem em sala de aula: a abordagem do conteúdo resgatando os conhecimentos prévios dos estudantes, despertando o interesse para a temática e assim percorrendo pela transposição didática do conhecimento científico, com o auxílio de um material pedagógico contextualizado e atualizado, permite um aprendizado significativo e transformador. E é através de programas de pós-graduação como esse que podemos buscar, aplicar e melhorar a nossa prática docente. Por fim, agradeço a oportunidade de participar do PROFBIO, ter feito parte do início da transformação, ter conhecido pessoas que farão parte de minha vida pessoal, e por ter aberto o caminho para o curso de Doutorado.

ENSINO DA GENÉTICA HUMANA: PESQUISA E AVALIAÇÃO DE ARTIGOS DA REVISTA *GENÉTICA NA ESCOLA* PARA A CONSTRUÇÃO DE UM JOGO DIDÁTICO

RESUMO

A Genética Humana é uma área que desperta o interesse dos estudantes e aproxima o conhecimento científico da realidade cotidiana da sociedade. Entretanto, a literatura da área aponta que o ensino da Genética Humana apresenta muitas dificuldades e inadequações, principalmente nos exemplos abordados nos livros didáticos, como também dificuldades na transposição didática por parte dos professores. Os objetivos desse trabalho foram realizar um levantamento, seleção e análise dos materiais didáticos que abordam a Genética Humana, publicados na revista *Genética na Escola* e propor um recurso didático que permita integrar o ensino da Genética Humana de forma interativa, dinâmica e contextualizada. Os resultados encontrados permitiram a elaboração de um panorama geral a partir da análise de 84 artigos publicados no período de 2015 a 2021. Foram sistematizados os seguintes dados: título, edição, seção da revista, instituição, autor e categoria em que cada artigo está inserido. As seções da revista com maior número de publicações foram *Um gene* e *Material Didático*, com 21 publicações em cada seção. A instituição com maior número de publicações foi a Universidade de São Paulo (27%). A maioria (48%) dos artigos apresentam estudantes de pós-graduação como primeiros autores. Em relação ao conteúdo, os artigos foram divididos em seis categorias a partir da análise de título e resumo, sendo elas: *Novos conhecimentos*, *Herança Monogênica*, *Nova ferramenta para o Ensino*, *Genética e Sociedade*, *Herança Uniparental* e *Herança multifatorial*. As categorias *Nova ferramenta para o Ensino* e *Genética e Sociedade*, representam 45% das publicações, o que reflete uma mudança nas metodologias e abordagens pedagógicas propostas para o ensino e a consolidação da aprendizagem da Genética Humana na Educação Básica. A partir do panorama geral foi realizada uma seleção de 10 artigos, que pudessem compor um novo recurso didático para o ensino da temática. Os artigos foram lidos na íntegra e foram analisados quanto à adequação aos objetivos, competências e habilidades contidos na Base Nacional Comum Curricular e ao Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio. A partir das adequações dos artigos

às diretrizes da Educação Básica Brasileira, o jogo *Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco* foi elaborado com base na abordagem do Ensino por Investigação. O jogo *Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco*, enquanto recurso didático permite integrar o conhecimento de diferentes características fenotípicas que deverão ser analisadas e interpretadas para a resolução do jogo. O jogo é organizado em etapas, o que possibilita ao professor aplicar diferentes estratégias ao longo do processo, permitindo uma aprendizagem participativa e protagonizada pelos estudantes.

Palavras-chave: Genética Humana, ensino, contextualização, recurso didático, jogo.

THE TEACHING OF HUMAN GENETICS: RESEARCH AND EVALUATION OF ARTICLES FROM THE GENETICS JOURNAL IN SCHOOL FOR THE CONSTRUCTION OF A DIDACTIC GAME

ABSTRACT

Human Genetics is an area that arouses the interest of students and brings scientific knowledge closer to the everyday reality of the society. However, the literature in the area points out that the teaching of Human Genetics presents many difficulties and inadequacies, mainly in the examples discussed in textbooks, as well as difficulties in the didactic transposition by the teachers' parts. The objectives of this work were to carry out a survey, selection and analysis of didactic materials that address Human Genetics, published in the magazine *Genetics at school* and to propose a didactic resource that allows integrating the teaching of Human Genetics in an interactive, dynamic and contextualized way. The results found allowed the elaboration of an overview based on the analysis of 84 articles, from 2015 to 2022. The following data were systematized: title, edition, journal section, institution, author and category in which each article is inserted. The journal sections with the highest number of publications were *Um gene e material didático*, with 21 publications in each section. The institution with the highest number of publications was the University of São Paulo (27%). Most (48%) of the articles present graduate students as first authors. Regarding the content, the articles were divided into six categories based on the analysis of the title and abstract, namely: *New knowledge*, *Monogenic Inheritance*, *New Tool for Teaching*, *Genetics and Society*, *Uniparental Inheritance* and *Multifactorial Inheritance*. The categories *New Tool for Teaching* and *Genetics and Society* represent 45% of publications, which reflects a change in methodologies and pedagogical approaches proposed for teaching and consolidating Human Genetics learning in Basic Education. From the general panorama, a selection of 10 articles was carried out, which could compose a new didactic resource for the teaching of the subject. The articles were read in their entirety and analyzed as to their adequacy to the objectives, competencies and skills contained in the National Common Curriculum Base and the Moving Curriculum of the New High School. Based on the adequacy of the articles to the Brazilian Basic Education guidelines, the game *Family without Memory - Investigating the Kinship Relationship* was developed based on the

approach of Teaching by Investigation. The game *Family without Memory - Investigating the Relationship of Kinship*, as a didactic resource, allows to integrate the knowledge of different phenotypic characteristics that must be analyzed and interpreted to solve the game. The game is organized in stages, which allows the teacher to apply different strategies throughout the process, allowing participatory learning led by students.

Keywords: Human genetics, teaching, contextualization, teaching resource, game.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias de classificação dos artigos pesquisados, de acordo com os conceitos abordados e aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino da genética humana	24
Quadro 2 - Categorias de classificação das características humanas utilizadas em sala de aula e livros didáticos, descritas no artigo Myths of Human Genetics, conforme comparação com o conhecimento científico encontrado na literatura de estudos familiares e gêmeares	25
Quadro 3 - Etapas e objetivos de uma abordagem didática investigativa	26
Quadro 4 - Dados gerais dos artigos de Genética Humana, publicados na revista Genética na Escola, que foram selecionados na segunda etapa do levantamento bibliográfico, do presente estudo	32
Quadro 5 - Temáticas da BNCC para a área de Ciências Naturais e suas Tecnologias de acordo com o segmento de ensino	33
Quadro 6 - Competências, habilidades para o Ensino Médio abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC	34
Quadro 7 - Temáticas e Objetivos de Aprendizagens para o Ensino Médio abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio	35
Quadro 8 - Concordância dos artigos selecionados em segunda etapa com as competências e habilidades da BNCC, e temáticas e objetivos de aprendizagem do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio	37
Quadro 9 - Características humanas abordadas no artigo “Myths of Human Genetics”, os fenótipos descritos, o modo como são ensinadas e a conclusão de acordo com os conhecimentos científicos e estudos familiares e gêmeares.....	39
Quadro 10 - Categorias de classificação das características descritas no artigo Myths of Human Genetics (2011)	43
Quadro 11 - Artigos e características utilizadas na elaboração do jogo Investigando a Genética da Família, como recurso didático investigativo para o ensino da Genética Humana	44
Quadro 12 - Síntese das fases vivenciadas durante jogo, suas ferramentas e a relação estabelecida com as etapas do Ensino por Investigação	45

Quadro 13 - Intencionalidades Pedagógicas dos Eixos Estruturantes que contemplam o conteúdo de ensino e aprendizagem da genética humana 49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior
CMD - Congresso Internacional Movimentos Docentes
CMNEM - Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio
CSA - Colégio Santo Antônio - Minas Gerais
DOI - Identificados de Objeto Digital
EnCI - Ensino de Ciências por Investigação
EnI - Ensino por Investigação
FAMAZ - Faculdade Metropolitana da Amazônia
FGB - Formação Geral Básica
GnE - Revista Genética na Escola
IF - Itinerários Formativos
IFPI - Instituto Federal do Piauí
IFRS - Instituto Federal do Rio Grande do Sul
ISBN - Padrão Internacional de Numeração de Livro
ISSN - Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas
NYU - Universidade de Nova Iorque
PCR - Reação em Cadeia da Polimerase
PNLEM - Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio
PRATIC - Simpósio de Práticas Docentes Compartilhadas
PUC - MG - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
SEPAD - Simpósio de Estágios, práticas e Aprendizagens da Docência
UEM - Universidade Estadual de Maringá
UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFAM - Universidade Federal do Amazonas
UFC - Universidade Federal do Ceará
UFES - Universidade Federal do Espírito Santo
UFF - Universidade Federal Fluminense
UFG - Universidade Federal de Goiás
UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto
UFPA - Universidade Federal do Pará
UFPB - Universidade Federal da Paraíba
UFPR - Universidade Federal do Paraná
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
UnB - Universidade de Brasília
UNESP - Universidade Estadual Paulista
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
USP - Universidade de São Paulo
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 A importância do ensino de genética	16
1.2 O ensino da genética humana.....	17
1.3 O ensino da genética humana nos livros didáticos	18
1.4 Jogos Didáticos para o Ensino de Genética Humana.....	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo geral	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3. METODOLOGIA	22
3.1 Fonte da pesquisa	22
3.2 Compilação dos dados	23
3.3 Proposta de recurso didático para o ensino de Genética Humana	25
4. RESULTADOS	27
4.1 Primeira etapa de seleção de artigos da Gne: Panorama Geral.....	27
4.2 Segunda etapa de seleção de artigos da Gne	31
4.2.1 Publicações selecionadas	31
4.2.2 Análise e registro de parâmetros da BNCC e CMNEM.....	33
4.3 Análise do artigo Myths of Human Genetic	38
4.4 Recurso Didático Investigativo para o ensino de Genética Humana no Ensino Médio	43
5. DISCUSSÃO	46
5.1 Panorama Geral dos artigos de Genética Humana na GnE.....	46
5.2 Recurso didático para o ensino da Genética Humana no Ensino Médio	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A	56
APÊNDICE B	65
APÊNDICE C	75

1. INTRODUÇÃO

1.1 A importância do ensino de genética

As etapas da Educação Básica e os processos de organização curriculares são norteados por documentos que possibilitam o desenvolvimento de competências e habilidades de acordo com a faixa etária dos estudantes, levando em consideração as adaptações do ambiente escolar de cada unidade educacional. Dentro desse contexto de organização curricular e formação do estudante, o ensino de genética está reservado à última etapa da Educação Básica, o Ensino Médio, pois os alunos possuem maturidade e mais vivência para alcançarem objetivos educacionais de maior ambição formativa (BRASIL, 2012).

Segundo o Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio (2020), o ensino de genética deve proporcionar aos estudantes conhecimento acerca dos conteúdos e métodos experimentais dessa ciência, além de permitir a formação crítica e ética do cidadão consciente, capaz de interpretar textos de divulgação científica e argumentar acerca de questões e temas polêmicos que estejam diretamente relacionados à saúde das pessoas e do meio ambiente (DISTRITO FEDERAL, 2020).

O ensino de genética é essencial e, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), permite ao estudante explorar os avanços e processos científicos e tecnológicos relacionados às aplicações acerca do conhecimento dessa temática na sociedade, e os impactos políticos, éticos e econômicos que acarretam. A compreensão desse conteúdo gera debates fundamentados que promovem a equidade e o respeito à diversidade humana (BRASIL, 2018)

Segundo Camargo e Infante-Malachias (2007), o conteúdo de genética desperta o interesse dos alunos, e os processos investigativos e questionadores desencadeados durante o ensino e aprendizagem devem ser expandidos para as diversas áreas do conhecimento, interligando o conteúdo com a realidade.

O objetivo do ensino de genética vai além de objetos de conhecimento, visa a aproximação da escola com as novas descobertas da ciência e a capacitação dos estudantes, para que estes possam ampliar os seus conhecimentos e, interpretar e

questionar notícias vinculadas na mídia que interfiram em seu cotidiano (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

Na visão dos professores de Biologia, para o ensino e aprendizagem da genética é fundamental a busca por metodologias e materiais adequados para contextualizar os conceitos com as situações vivenciadas pelos alunos, evitando a memorização, e favorecendo a alfabetização científica e sua aplicação em contexto social e individual (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

1.2 O ensino de Genética Humana

O ensino atual da genética apresenta um forte componente da visão do determinismo biológico e da visão positivista e ingênua da ciência. As generalizações do ensino embasado apenas nas Leis de Mendel e no padrão monogênico de herança limitam e simplificam a visão sobre os processos de hereditariedade humana, uma vez que não abordam a diversidade e complexidade de fatores que interagem na expressão de características humanas (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007; KLAUTAU-GUIMARÃES; PAIVA; OLIVEIRA, 2014; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018)

Após a revisão bibliográfica, foi possível compilar os principais desafios e dificuldades abordados na literatura acerca do ensino de Genética Humana no Ensino Médio. Alguns autores fazem suas análises do conteúdo apresentado nos livros didáticos e apontam a transposição didática do conhecimento acadêmico aliada à falta de atualização do material como principal causa para os erros, equívocos e simplificações que reforçam a visão positivista e ingênua da genética, como também, corroboram com a ideia do determinismo genético (BAIOTTO; LORETO, 2018; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007).

Ademais, outros autores apontam o tempo limitado de aula, as generalizações, a falta de contextualização, a ausência da influência do ambiente na expressão das características humanas e a escolha de exemplos inadequados como desafios atuais no processo de ensino dessa temática (KLAUTAU-GUIMARÃES; PAIVA; OLIVEIRA, 2014; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Por fim, há autores que ainda apontam a descontinuidade do conteúdo proposto nas diretrizes e norma educacionais que regulamentam a organização

curricular da Educação Básica, promovendo a separação do conteúdo e gerando Dificuldades no processo de ensino e aprendizagem da genética (ROSA; ALMEIDA, 2021).

1.3 O ensino da genética humana no livro didático

Para amparar a educação básica da rede pública de ensino, foi implementado o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) com a intenção de distribuir livros didáticos para alunos e professores de todo o país. Os livros didáticos são submetidos a critérios avaliativos previamente estabelecidos para que possam integrar o catálogo do PNLEM e serem selecionados com efetiva participação dos professores (BRASIL, 2004).

Segundo Prochazka e Franzolin (2018), o livro didático, ainda hoje, é o recurso mais utilizado nas escolas e muitas vezes, representa a única fonte de consulta e material em sala de aula. Ademais, os professores utilizam esse material para planejar, organizar e executar suas sequências didáticas, o que lhe confere um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem, mas que deve valer-se com muita precaução e cautela, e em conjunto com outras fontes de recurso para suprir a necessidade de atualização acerca da produção de conhecimento científico e tecnológico e eventuais lacunas, incorreções, equívocos e descontextualizações presentes acerca do conteúdo de Genética Humana.

De acordo com as análises realizadas por Prochazka e Franzolin (2018) nos livros didáticos do PNLD, a genética humana é pouco trabalhada dentro do tema da genética e necessita de atualização dos conteúdos, pois apresenta inadequações em relação ao conhecimento científico atual.

Atualmente, os exemplos selecionados para o ensino da genética humana nos livros didáticos são de características exclusivamente monogênicas e com mecanismo de dominância e recessividade. Esse modelo encontra-se desatualizado para o ensino de genética humana, uma vez que a maioria das características humanas são complexas e multifatoriais, onde não é possível observar uma relação direta entre genótipo e fenótipo (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; LORETO, 2018)

O ensino da genética humana baseado exclusivamente no modelo monogênico tradicional para a maioria das características, pode propiciar uma visão

determinista, positivista e ingênua da ciência (CAMARGO; INFANTE- MALACHIAS, 2007; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; LORETO, 2018).

A transposição didática, instrumento através do qual transforma-se o conhecimento científico e acadêmico em conhecimento escolar, gera diversos problemas nos livros didáticos atuais acerca do conteúdo de genética humana, como: demasiadas simplificações, generalizações, desvios e erros conceituais, divergências com os livros de referência e redução do conteúdo conceitual científico (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; LORETO, 2018).

O ensino de genética humana utilizando-se desse material gera inconsistência no desenvolvimento da aprendizagem, cria obstáculos durante o processo de ensino, além de descredibilizar o conhecimento científico diante das inadequações e incoerência verificadas (BAIOTTO; LORETO, 2018).

Apresentar exemplos de características humanas em concordância com os conhecimentos científicos ampliam a visão sobre a herança para além do genocentrismo e permite entender a extensão da variação fenotípica, além de apresentar a diversidade de fatores envolvidos na relação genótipo e fenótipo.

Expor e debater características humanas em conjunto com a descrição correta de seu padrão de herança, relatando as influências ambientais que estão correlacionadas, propicia o ensino de uma genética menos determinista, permite a compreensão da expressão de fenótipos complexos e evita o descrédito da informação científica (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018).

1.4 Jogos Didáticos para o Ensino de Genética Humana

As metodologias, abordagens e materiais didáticos escolhidos e utilizados para o processo de ensino e aprendizagem são fundamentais para atingir o êxito no percurso pedagógico de transposição didática do conhecimento acadêmico. Buscar alternativas que despertem o interesse do estudante e o torne protagonista de seu aprendizado, em substituição às aulas expositivas são objeto de estudo das pesquisas pedagógicas atuais das mais diversas áreas do conhecimento (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018; DA SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019).

Diante dessa perspectiva e objetivando superar os obstáculos enfrentados durante o ensino da Genética Humana, bem como atender às expectativas e anseios

dos estudantes, os jogos didáticos estão se destacando como recurso alternativo ao livro didático e às aulas expositivas para o ensino dessa temática (LEGEY et al, 2012; BURNATT, 2014).

O jogo didático enquanto proposta lúdica permite a transposição do conhecimento de maneira dinâmica e atrativa, além de despertar o interesse do estudante e construir um ambiente não formal, seguro e de socialização que permite a efetivação da aprendizagem. Os aspectos intrínsecos dos jogos permitem um aprendizado interativo, participativo e a melhor compreensão dos conceitos abstratos que permeiam a temática da Genética Humana (HERMANN; ARAÚJO, 2013; BURNATT, 2014).

O ensino da Genética Humana proporciona o desenvolvimento de competências e habilidades voltadas para o pensamento crítico e ético dos estudantes, além de inseri-lo na sociedade como cidadão capaz de opinar e discutir diante de notícias diárias que abordam a temática. Portanto o exercício de aplicação do conhecimento em situações fictícias abordadas em jogos didáticos serve como ensaio da realidade e uma maneira prática de aprender.

O jogo didático aliado ao ensino da Genética Humana além de despertar o interesse dos estudantes, facilitar a aprendizagem e a compreensão de termos e processos abstratos, também atende à necessidade apontada por Rosa e Almeida (2021) que indicam a importância da abordagem de práticas didáticas que abarquem dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais.

O jogo permite a ação intencional (afetividade), construção de representações mentais (cognição), manipulação de objetos, desempenho de ações sensório motoras, interações sociais, que, segundo Kishimoto (1999), pode potencializar a aprendizagem e as condições para maximizar a construção de conhecimentos. (HERMANN; ARAÚJO, 2013, p. 3).

A utilização do lúdico também beneficia o professor, pois permite a contextualização, atualização e apropriação do conhecimento científico e acadêmico, além facilitar a abordagem de temáticas polêmicas da Genética Humana (BURNATT, 2014).

Por fim, a busca e aplicação de novos recursos e abordagens didáticas para o ensino da Genética Humana não deve se limitar à aplicação de jogos didáticos, mas deve haver uma complementação das metodologias e materiais disponíveis para um aprendizado satisfatório e de qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Conhecer o panorama geral sobre os recursos didáticos para o tema da genética humana, propostos na literatura especializada, e propor material didático para o estímulo e facilitação do processo de ensino e aprendizagem, no Ensino Médio.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento das publicações de recursos didáticos, encontradas na literatura especializada, para o ensino da genética humana;
- Selecionar e analisar os artigos de recursos didáticos para o processo de ensino e aprendizagem da genética humana;
- Elaborar um panorama geral sobre as publicações selecionadas e analisadas;
- Elaborar um jogo didático com abordagem investigativa a partir dos artigos selecionados.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa qualitativa, de caráter documental, exploratório e descritivo acerca dos recursos didáticos disponíveis na literatura especializada, a respeito do conteúdo de genética humana. Essa metodologia foi aplicada, pois permite o uso de diferentes mecanismos de acesso, seleção, análise e comunicação dos resultados obtidos, a partir do objetivo da pesquisa e de acordo com um processo coerente, sistemático e criativo ao longo do processo (SILVA et al., 2009).

A pesquisa qualitativa dos artigos da GnE também passou por um processo de análise de conteúdo, que segundo Bardin (2016) é composta por etapas complementares que permitem a sistematização e síntese do objeto de estudo para a produção, expressão e categorização de seus aspectos, bem como a produção de índices quantitativos.

3.1 Fonte da pesquisa

A pesquisa sobre as publicações de recursos didáticos foi realizada por meio um levantamento bibliográfico na revista *Genética na Escola*, com o objetivo de selecionar artigos que abordam o conteúdo de genética humana, como material de apoio para a abordagem da temática.

A revista *Genética na Escola* (GnE) é um periódico vinculado à Sociedade Brasileira de Genética (editora), com publicação on-line, o que permite livre acesso a todo público interessado, no site www.geneticanaescola.com. Desde o início, em 2006, a GnE apresenta publicações de artigos que difundem experiências educacionais nos níveis de educação básica e superior se consolidando como referência na área. Além disso, conta com a participação de um corpo de parecerista ad hoc, possui avaliação positiva pelo Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), possui identificador de publicação seriada reconhecido internacionalmente (ISSN) e se consolidou como um periódico importante na área.

A GnE se propõe a difundir experiências educativas por meio de artigos nas áreas de genética e biologia evolutiva, que podem ser “práticas inovadoras ou

enfoque metodológicos, a proporcionar reflexões sobre conceitos de genética e a discutir os desdobramentos da tecnologia na qualidade de vida das populações a e divulgar matérias destinados ao trabalho em sala de aula” (GENÉTICA NA ESCOLA).

Além dos artigos da GnE, o artigo “Myths of Human Genetics, de John H. McDonald (2011), foi selecionado visto que aborda 20 características humanas que são utilizadas para o ensino de conceitos básicos de genética, as quais são consideradas como mitos, diante dos conhecimentos científicos atuais.

3.2 Compilação dos dados

O levantamento bibliográfico na GnE foi realizado em duas etapas: a primeira etapa com a seleção dos artigos a partir da análise de seus títulos, palavras-chaves e resumos, quando estes apresentavam o tema da genética humana. A segunda etapa de seleção considerou a minha experiência na prática docente e as sugestões de Baiotto e Loreto (2018) e Prochazka e Franzolin (2018). Esses autores ressaltam a importância de construir conhecimento acerca da temática a partir da contextualização com o cotidiano dos estudantes, trabalhar características humanas para além das síndromes e doenças, abordar a complexidade da expressão das características humanas multifatoriais, como também, trabalhar temas de importância à saúde pública.

Com o objetivo de atender ao critério de atualidade, a seleção dos artigos foi realizada nas edições publicadas no período de 2015 a 2021, totalizando 15 edições. Dos artigos selecionados foi realizado um registro sobre os autores, as instituições, categoria de acordo com os temas abordados, e a classificação conforme as sessões da revista – Conceitos de Genética; Genética e Sociedade; Um Gene; Investigação em Ensino de Genética; Na Sala de Aula; Materiais Didáticos e Resenha. Quanto à autoria dos artigos, foi definido em cinco grupos: Professor do Ensino Superior, Professor do Ensino Médio, Pós-graduando, Graduando e Estudante do Ensino Médio. Quanto à categoria, os artigos foram organizados de acordo com os conceitos abordados e a sua aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino de genética humana, permitindo ao professor uma busca direcionada de acordo com os seus objetivos (Quadro 1).

Quadro 1 - Categorias de classificação dos artigos pesquisados, de acordo com os conceitos abordados e aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino da genética humana

Categorias	Conceitos, conhecimentos e aplicabilidade
Novos conhecimentos	Abordam revisão de temas e/ou conceitos novos da Genética e biotecnologia.
Herança monogênica	Características e doenças com esse padrão de herança genética.
Novas ferramentas	Novas formas e instrumentos para auxiliar o processo de ensino da genética humana.
Genética e sociedade	Os temas abordados estão diretamente ligados ao cotidiano da sociedade.
Herança uniparental	Abordam a transmissão do DNA mitocondrial ao longo das gerações.
Herança multifatorial	Características e doenças com esse padrão de herança genética.

Fonte: Elaborado pela autora.

O artigo *Myths of Human Genetics* (MCDONALD, 2011) permitiu a análise de 20 características humanas utilizadas durante o ensino e aprendizagem de conceitos básicos do conteúdo de genética. A primeira etapa de análise serviu para verificar se as características descritas atendem às sugestões de Baiotto e Loreto (2018) e Prochazka e Franzolin (2018) quanto à contextualização do conteúdo e a abordagem de características multifatoriais. Posteriormente o artigo foi lido da íntegra para verificar e comparar a coerência e veracidade das informações dos padrões de genética associados às características descritas e repassadas em sala de aula e livros didáticos, e o conhecimento científico descrito na literatura de estudos realizados em núcleos familiares e gemelares, descritos no mesmo artigo.

Em última análise foram registradas as divergências e concordâncias encontradas entre as características utilizadas em sala e os estudos científicos familiares e gemelares descritos na literatura, permitindo assim a classificação das características em cinco categorias (Quadro 2).

Quadro 2 - Categorias de classificação das características humanas utilizadas em sala de aula e livros didáticos, descritas no artigo *Myths of Human Genetics*, conforme comparação com o conhecimento científico encontrado na literatura de estudos familiares e gêmeos.

Categoria	Descrição
Pouca ou nenhuma influência genética	Características que apresentam poucos dados genéticos disponíveis e os estudos familiares e gêmeos não permitem afirmar a influência genética como explicação da variação fenotípica.
Desvio conceitual	Características que apresenta variação fenotípica explicada por fatores genéticos, mas o padrão de herança monogênico descrito está equivocado.
Padrão de herança monogênico	Características onde os estudos corroboram com o padrão de herança monogênico descrito anteriormente.
Variação fenotípica dicotômica	Características onde a variação fenotípica é percebida como além de dois fenótipos, mas foram descritas de maneira simplista para se adequar à herança mendeliana.
Dados insuficientes	Características onde os estudos trazem dados insuficientes, não esclarecem a metodologia utilizada para validar suas conclusões e/ou não são congruentes em seus resultados.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 Proposta de recurso didático para o ensino de Genética Humana

Os artigos provenientes da segunda etapa do levantamento bibliográfico realizado na GnE e a análise das características contidas no artigo *Myths of Human Genetic* (MCDONALD, 2011) permitiram a produção do jogo ***Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco*** como Recurso Didático para o Ensino de Genética Humana no Ensino Médio. Esse recurso tem como base de sua construção a abordagem didática do Ensino por Investigação.

A abordagem didática de Ensino por Investigação (EnI) prevê algumas etapas através de um ciclo investigativo, em que permite ao professor aplicar diferentes metodologias e estratégias para desenvolver o processo de ensino e aprendizagem participativo e protagonizado pelos estudantes conforme descrito:

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) está pautado pela ideia do uso de estratégias didáticas que buscam envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem, por meio da geração de questões e problemas nos quais a investigação é condição para resolvê-los, com coleta, análise e interpretação de dados que levem a formulação e comunicação de conclusões baseadas em evidências e reflexão sobre o processo. (SCARPA; CAMPOS, 2018, p. 30).

Cabe ressaltar que as etapas do EnI não possuem uma estrutura rígida e permitem que ao longo do processo de aprendizagem sejam revisitadas e proporcionem a construção do conhecimento de acordo com os diversos perfis dos estudantes (SCARPA; CAMPOS, 2018). Além disso, essas etapas são fluidas, podem ser reorganizadas conforme a estratégia didática aplicada e acontecerem concomitantemente (Quadro 3).

Quadro 3 - Etapas e objetivos de uma abordagem didática investigativa

Etapas	Objetivos
Orientação	- Estimular a curiosidade dos estudantes sobre determinado assunto/conteúdo abordado em sala de aula; - Elaborar e/ou trazer uma situação-problema que possa ser investigada.
Conceitualização	- Elaborar questões investigativas acerca do problema; - Elaborar hipóteses para solucionar a situação-problema; - Desenvolver conceitos, teoria acerca do conteúdo abordado.
Investigação	- Coletar dados e informações.
Experimentação	- Testar a hipótese elaborada.
Exploração	- Sistematizar dados e informações relevantes;
Interpretação dos dados	- Mobilizar conceitos e teorias para explicar os dados e informações coletadas; - Construir conhecimento a partir da etapa de mobilização.
Conclusão	- Comparar as hipóteses elaboradas na etapa de conceitualização; - Construir explicações, justificativas e argumentos que expliquem e/ou solucionem a situação-problema investigada.
Discussão	- Apresentar e comunicar os resultados obtidos nas etapas e/ou em todo o processo investigativo
Reflexão	- Ampliar e aprofundar as aprendizagens a partir da aplicação dos conhecimentos adquiridos para investigar outros problemas; - Ponderar, avaliar e criticar as etapas do EnI acerca das competências e habilidades desenvolvidas, e a real construção do conhecimento pelos estudantes.

Fonte: Adaptado de Scarpa e Campos (2018).

4. RESULTADOS

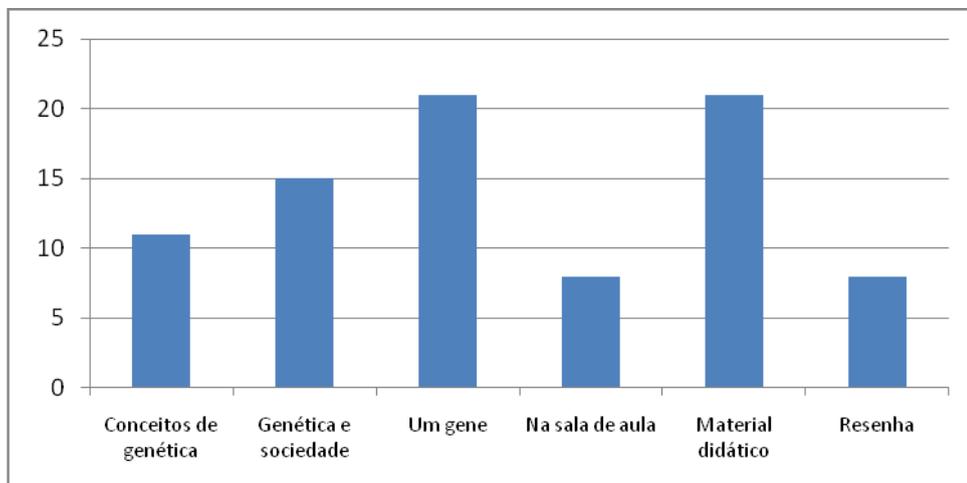
4.1 Primeira etapa de seleção de artigos da GnE: Panorama Geral

As edições selecionadas somam um quantitativo de 177 artigos divididos nas sete seções da revista. Deste total, 84 artigos abordam alguma temática de genética humana, isto representa pouco mais de 47% do total. Os dados obtidos com a primeira seleção dos artigos estão organizados de acordo com: título, edição, seção da revista, instituição, autor e a categoria (APÊNDICE A).

Observou-se que o número de publicações de artigos de genética humana na GnE teve um aumento significativo a partir de sua segunda edição de 2018. Nas edições anteriores, a média de publicações era de 3 artigos por edição, e a partir do segundo semestre de 2018, a média subiu para 7 artigos por edição. Esse fato representa um avanço para o processo de ensino e divulgação da genética humana na sociedade. Em relação às seções da revista, observou-se que o maior número de publicações está nas seções **Um gene** e **Material didático**, representando 50% do total das publicações do panorama (Gráfico 1). A seção **Um gene** é caracterizada por abordar informações científicas específicas sobre um determinado gene, com sua estrutura e variações, em uma linguagem simples, que permite a atualização e utilização pelos professores em seu processo de ensino.

A seção **Investigações em Ensino de Genética** não contemplou publicações com a temática da genética humana durante o período analisado.

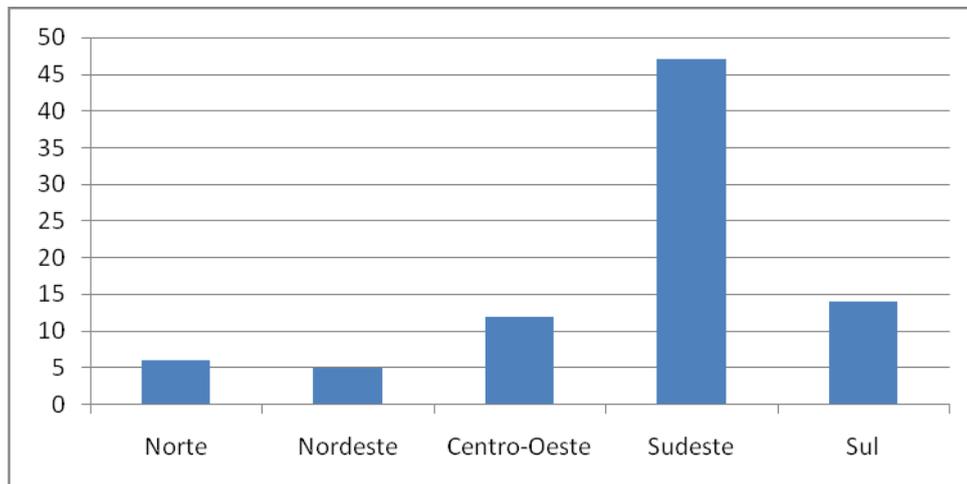
Gráfico 1 - Artigos de genética humana publicados na Revista Genética na Escola, por seção, no período de 2015 a 2021



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação às instituições envolvidas na publicação e sua localização regional, os dados estão apresentados no Gráfico 2. As instituições de ensino com maior número de publicações por região são: Universidade Federal do Pará com duas publicações (**Norte**); Universidade Federal de Paraíba, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Ceará, Instituto Federal do Piauí e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia com uma publicação cada instituição (**Nordeste**); Universidade Federal do Goiás com nove publicações (**Centro-Oeste**); Universidade de São Paulo com vinte e três publicações (**Sudeste**); Universidade Federal de Santa Maria com cinco publicações (**Sul**).

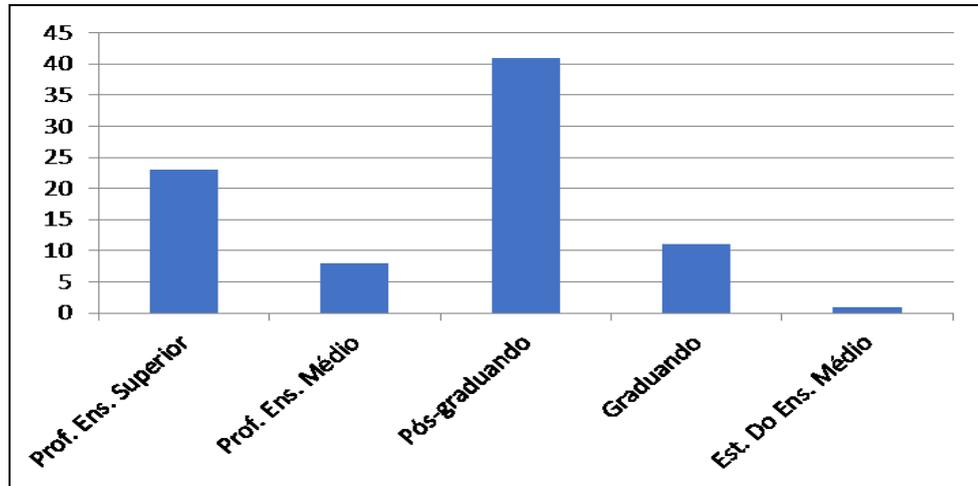
Gráfico 2 - Artigos de genética humana publicados na revista *Genética na Escola*, de acordo com a região da instituição dos autores, no período de 2015 a 2021



Fonte: Elaborado pela autora.

Os artigos selecionados apresentam como primeiro autor estudantes de cursos de pós-graduação, que representam pouco mais de 48% do total, seguidos pelos professores de ensino superior, graduandos, professores e estudantes do Ensino Médio (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Artigos de genética humana publicados na revista *Genética na Escola*, de acordo com a titulação dos autores, no período de 2015 a 2021



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto às categorias, os artigos classificados como **Novos conhecimentos** abordam a epigenética e a sua influência sobre a expressão do genoma, e artigos que tratam de inovações em técnicas biotecnológicas, como a reação em cadeia da polimerase (PCR).

Na pesquisa realizada a **Herança Monogênica** representa 21% das publicações, sendo este o padrão de herança mais abordado nos livros didáticos do Ensino Médio. Esses artigos apresentam o conhecimento científico atualizado para explicar a variação do fenótipo observado, e assim, poderão auxiliar no processo de atualização do professor, e minimizar os erros conceituais e de descrição encontrados nos livros didáticos.

As **Novas Ferramentas** para o processo de ensino apresentam materiais inéditos para auxiliar a aprendizagem como vídeos, games virtuais e jogos investigativos, e também, sugerem outros materiais como comerciais, materiais pedagógicos encontrados no ambiente virtual. A profundidade com que os conceitos e conhecimentos são abordados nessa categoria pode ter adaptações para aplicação no Ensino Médio, de acordo com as estratégias de ensino do professor.

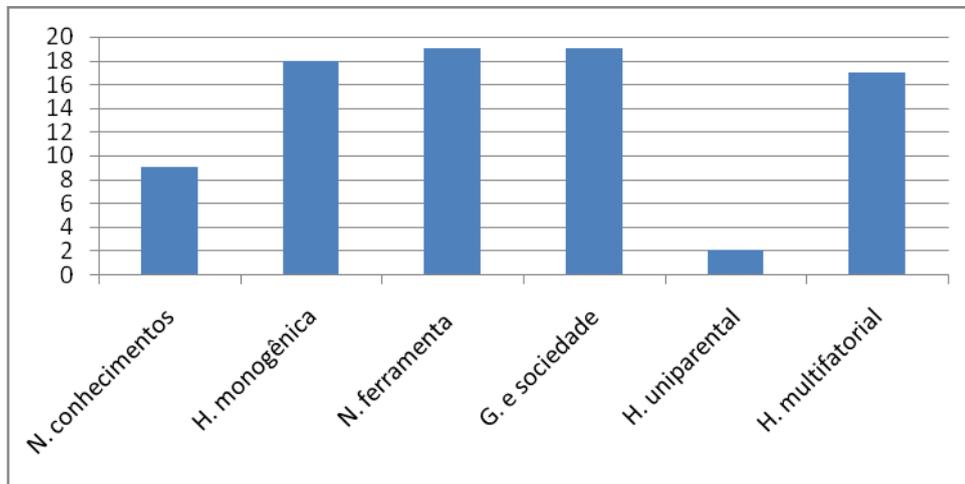
A categoria **Genética e sociedade** é composta por artigos que abordam questões de grande repercussão e atenção à saúde pública, que geralmente a sociedade não relaciona com a genética humana. Os artigos abordam temas como vacina, paternidade, transfusão sanguínea, câncer, racismo e agrotóxico.

A **Herança uniparental** advem do fato do DNA mitocondrial ser herdado apenas da linhagem de ancestrais femininos, que torna esse padrão de herança distinto do processo de herança do DNA nuclear, que é biparental. Os artigos dessa categoria abordam linhagem matrilinear, ou seja, a linha de descendência que é gerada a partir da cadeia de ancestrais femininos, em busca de novas descobertas acerca da genética humana.

Os artigos da categoria de **Herança multifatorial** abordam a complexidade da expressão da maioria das características humanas, propiciando uma visão menos determinista da genética humana. Algumas das características humanas abordadas nos artigos dessa categoria são: diabetes, envelhecimento, impressões digitais, metabolismo do álcool, esquizofrenia, cor da pele e doenças coronárias.

Os resultados obtidos da classificação dos artigos em categorias podem ser observados no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Artigos de genética humana, publicados na revista *Genética na Escola*, no período de 2015 a 2021, classificados de acordo com as categorias conceituais e de aplicabilidade, organizadas no presente estudo



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos resultados obtidos com a primeira etapa do levantamento bibliográfico foi produzido um artigo intitulado *Recursos para além do livro didático para o ensino de Genética Humana no Ensino Médio*, e este foi submetido, apreciado em avaliação por pares e considerado aprovado para apresentação por meio de vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=Z9P4rQz44lk>) no Congresso Internacional Movimentos Docentes (CMD), IV Simpósio de Estágios, Práticas e Aprendizagem da Docência (IV SEPAD) e II Simpósio de Práticas Docentes

Compartilhadas (II PRATIC). O artigo foi publicado nos anais do evento, volume I, que prevê o registro ISBN (International Standard Book Number) e DOI (Digital Object Identifier) para os Anais (DO, ANAIS. CONGRESSO MOVIMENTOS DOCENTES IV SEPAD e II PRATIC) (Anexo B).

4.2 Segunda etapa de seleção de artigos da GnE

4.2.1 Publicações selecionadas

Na segunda etapa de seleção de artigos, foram atendidas as recomendações de contextualização, abordagem de características não patológicas e características humanas multifatoriais, além de temas de importância à saúde pública, feitas pelos autores Baiotto e Loreto (2018) e Prochazka e Franzolin (2018), como também, minha experiência docente e o contexto da minha sala de aula. Houve também a intenção de escolha de pelo menos um artigo de cada categoria de classificação, conforme tabela 4, para fornecer aos professores e estudantes do Ensino Médio uma análise mais ampla, com o objetivo de atender às necessidades conforme conteúdos, competências, habilidades e objetivos a serem desenvolvidos e alcançados segundo a BNCC e o CMNEM.

Os artigos da segunda etapa de seleção, dez ao todo, foram catalogados e organizados de acordo com as suas edições de publicação, estes contemplam todas as categorias, compondo assim uma fonte de pesquisa sólida acerca dos conceitos e padrões de herança, abordados no ensino de Genética Humana. Quanto às seções da GnE, os artigos encontram-se divididos da seguinte forma: Materiais didáticos (6), Genética e Sociedade (3) e Conceitos de Genética (1). Os artigos selecionados foram produzidos em Instituições das regiões Sul (1), Sudeste (7) e Centro-Oeste (2) do Brasil, e contam como primeiros autores nas categorias Professor do Ensino Superior (1), Professor do Ensino Médio (3) e Pós-graduandos (6). Os dados obtidos podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 - Dados gerais dos artigos de Genética Humana, publicados na revista Genética na Escola, que foram selecionados na segunda etapa do levantamento bibliográfico, do presente estudo

Edição	Título	Seção	Instituição	Autor	Categoria
2015/I	Filhas de Eva	Materiais didáticos	USP	Prof. Ens. Superior	Herança uniparental
2017/II	Estudando uma característica complexa: as impressões digitais	Materiais didáticos	UnB	Pós-graduando	Herança multifatorial
2018/I	O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro	Materiais didáticos	UERJ	Prof. Ens. Médio	Genética e Sociedade
2018/II	“Baralho mutante” para o ensino das alterações cromossômicas numéricas	Materiais didáticos	UFPR	Pós-graduando	Nova ferramenta
2019/I	Epigenética: conceito, mecanismos e impacto em doenças humanas	Conceitos de genética	USP	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2019/II	Criança também tem câncer?	Genética e sociedade	USP	Pós-graduando	Genética e sociedade
2020/I	A cor de pele em humanos: um caso de seleção natural e a contribuição da genética no debate sobre raças no século XXI	Genética e sociedade	Colégio Giordano Bruno - SP	Prof. Ens. Médio	Herança multifatorial
2020/II	Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação.	Materiais didáticos	Colégio Pedro II Caxias - RJ	Prof. Ens. Médio	Genética e Sociedade
2021/I	Albinismo: raro, mas não invisível	Genética e sociedade	USP	Pós-graduando	Herança Monogênica
2021/II	Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa.	Materiais didáticos	UFG	Pós-graduando	Nova ferramenta

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2 Análise e registro de parâmetros da BNCC e CMNEM

A Educação Básica no Brasil é pautada e regulamentada a partir de parâmetros nacionais que norteiam o currículo que deverá ser adotado em todos os segmentos, bem como os objetivos, competências e habilidades a serem desenvolvidos. Diante disso, os artigos selecionados foram analisados de acordo com os fundamentos da Base Nacional Comum Curricular, e do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é a normativa que serve como referência para a organização, elaboração e implementação dos currículos e propostas pedagógicas em toda a rede de ensino. Esse documento apresenta as áreas de conhecimento, suas temáticas, competências, habilidades e conhecimentos conceituais que devem ser abordados nos programas de ensino, permitindo assim, a sistematização das aprendizagens. A área de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” apresenta duas temáticas, que contemplam e complementam àquelas que foram desenvolvidas no Ensino Fundamental (Quadro 5).

Quadro 5 - Temáticas da BNCC para a área de Ciências Naturais e suas Tecnologias de acordo com o segmento de ensino

Temáticas Ensino Fundamental	Temáticas Ensino Médio
Matéria e Energia	Matéria e energia
Vida e Evolução	Vida, Terra e Cosmos
Terra e Universo	

Fonte: Base Nacional Comum Curricular (2018).

O conteúdo de genética humana no Ensino Médio é abordado na temática Vida, Terra e Cosmos, a qual representa a junção das temáticas Vida e Evolução, e Terra e Universo desenvolvidas no Ensino Fundamental. De acordo com a BNCC, dentro dessa temática são propostos temas de maior complexidade dos processos que se referem à origem e evolução da vida, em particular, dos seres humanos.

O quadro (6) abaixo apresenta as competências específicas e suas respectivas habilidades da área de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” para o Ensino Médio, que se aplicam ao ensino e aprendizagem de genética e da genética humana.

Quadro 6 - Competências, habilidades para o Ensino Médio abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC

Competências Específicas	Habilidades
CE1. 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.	CE1H1. Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria e na geração de energia elétrica.
CE2. 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.	CE2H1. Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas. CE2H2. Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.
CE3. 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).	CE3H1. 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, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista. CE3H 2 Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.

Nota: Competência Específica (CE); Habilidades (H). Fonte: Adaptado de BRASIL, 2018.

O Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio (CMNEM) é o documento, que alinhado às demais leis educacionais, é referencial para o currículo do Ensino Médio, do Sistema de Ensino do Distrito Federal. Este currículo é obrigatório na rede de ensino público e norteia a nova proposta de educação para esse segmento de ensino.

Os conhecimentos conceituais são estruturados pelos objetivos de aprendizagem, que estão organizados conforme as três temáticas utilizadas na BNCC do Ensino Fundamental. O quadro abaixo apresenta essas temáticas e os objetivos de aprendizagens que envolvem o ensino e aprendizagem de genética e da genética humana (Quadro 7).

Quadro 7 - Temáticas e Objetivos de Aprendizagens para o Ensino Médio abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio

Continua

Temáticas	Objetivos de aprendizagens
T1. Matéria e energia	<p>T1OA1. Entender de que maneira os principais elementos químicos que compõem os seres vivos (CHONPS) circulam na natureza e integram diferentes organismos por meio de processos metabólicos e fenômenos naturais, relacionando-os às estruturas químicas que permitiram o surgimento da vida e as transformações moleculares que caracterizam os processos metabólicos.</p> <p>T1OA2. Distinguir os níveis de organização dos seres vivos, identificando características das moléculas orgânicas e inorgânicas, estruturas celulares, tecidos e sistemas que interagem de forma harmônica para a manutenção da vida de um organismo.</p> <p>T1OA3. Reconhecer os diferentes tipos de radiação eletromagnética, suas fontes, discutindo os efeitos sobre os seres vivos e o meio ambiente das radiações eletromagnéticas e exemplificando suas aplicações na medicina, indústria, agricultura e na interpretação do registro geológico e arqueológico.</p>
T2. Vida e Evolução	<p>T2OA1. Conhecer os sistemas e processos fisiológicos de manutenção do metabolismo e da homeostase no corpo humano, de forma a selecionar comportamentos e aplicar procedimentos de prevenção de distúrbios e manutenção da saúde corporal.</p> <p>T2OA2. Compreender conceitos, características e fenômenos relacionados à sexualidade, ao gênero, à reprodução, à embriologia, à gravidez e às infecções sexualmente transmissíveis.</p>
T3. Terra e Universo	<p>T3OA1. Utilizar evidências científicas sobre as características fundamentais comuns dos seres vivos, seus níveis de organização e suas interações com o ambiente para respaldar argumentos em favor da origem, evolução e diversificação da vida.</p> <p>T3OA2. Avaliar os efeitos de fatores mutagênicos, como as radiações eletromagnéticas, no surgimento de novas características genéticas com impactos hereditários e evolutivos.</p>

Quadro 7 - Temáticas e Objetivos de Aprendizagens para o Ensino Médio abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio

Continuação

Temáticas	Objetivos de aprendizagens
T3. Terra e Universo	T3OA3. Entender como ocorre a transmissão das características hereditárias ao longo das gerações e reconhecer argumentos que permitam um posicionamento crítico diante das aplicações atuais da genética molecular.
	T3OA4. Reconhecer que a comparação do DNA dos seres humanos demonstrou que todos pertencemos a uma mesma espécie, Homo sapiens, originária da África, com história evolutiva comum, resultado de processos evolutivos similares aos dos demais seres vivos.
	T3OA5. Compreender o potencial e a importância da biotecnologia para a melhoria das condições dos seres vivos e a importância da bioética na regulação e no controle das práticas científicas, de forma a avaliar intervenções na natureza e limitar usos abusivos de tecnologias ou propor práticas mais éticas e sustentáveis.

Nota: Temática (T); Objetivos de Aprendizagem (OA). Fonte: Adaptado de Distrito Federal (2020).

Os artigos selecionados na segunda etapa foram analisados na íntegra para verificar a concordância com as competências e habilidades específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme consta na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e às unidades temáticas e objetivos de aprendizagem do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio.

Os resultados obtidos (Quadro 8) evidenciam que os artigos selecionados estão em concordância com a BNCC e o Currículo em Movimento do Novo Ensino, sendo, portanto, um material relevante na proposição de recurso didático para o ensino de Genética Humana, no Ensino Médio.

Quadro 8 - Concordância dos artigos selecionados em segunda etapa com as competências e habilidades da BNCC, e temáticas e objetivos de aprendizagem do Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio

Edição	Título	Competências BNCC	Habilidades BNCC	Temática CMNEM	Obj. de aprendizagem CMNEM
2015/I	Filhas de Eva	CE2	CE2H1	T2/T3	TEOA2/TE3OA3
2017/II	Estudando uma característica complexa: as impressões digitais	CE3	CE3H1	T3	T3OA1
2018/I	O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro	CE2	CE2H1	T3	T3OA1/TEOA3
2018/II	“Baralho mutante” para o ensino das alterações cromossômicas numéricas	CE2	CE2H1	T3	T3OA1
2019/I	Epigenética: conceito, mecanismos e impacto em doenças humanas	CE2	CE2H1	T3	T3OA3
2019/II	Criança também tem câncer?	CE2	CE2H2	T3	T3OA2
2020/I	A cor de pele em humanos: um caso de seleção natural e a contribuição da genética no debate sobre raças no século XXI	CE3	CE3H2	T3	T3OA1
2020/II	Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação.	CE3	CE3H2	T3	T3OA1
2021/I	Albinismo: raro, mas não invisível	CE3	CE3H2	T3	T3OA3
2021/II	Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa.	CE2	CE2H1	T3	T3OA1

Nota: Competência Específica (CE); Habilidade (H) Temática (T); Objetivo de Aprendizagem (OA). Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Análise do artigo *Myths of Human Genetic*

O ensino da Genética Humana utiliza-se de características observáveis no corpo humano para promover um ensino mais contextualizado. Esses exemplos são encontrados nos livros didáticos da Educação Básica e são utilizados de maneira simplificada na descrição dos conceitos básicos de genética. Assim, a maioria desses exemplos são apresentados de maneira distanciada do conhecimento científico atual, com desvios e erros conceituais (BAIOTTO; LORETO, 2018; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018).

Diante dessa problemática, John H. McDonald desenvolveu o trabalho intitulado “*Myths of Human Genetics*” (2011), em que são abordadas 20 características humanas utilizadas em sala de aula, durante o ensino da genética humana. O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica dos estudos científicos (análise de famílias e de concordância em gêmeos), para explicar a variação fenotípica das características e desmistificar as ideias de senso comum e/ou simplistas, ainda presentes no ensino.

As características apresentadas no artigo (Quadro 9) foram descritas com o padrão de herança monogênico simples, ou seja, um gene com dois alelos é responsável por definir os dois fenótipos descritos. Entretanto, apenas uma característica possui estudos moleculares que comprovam o padrão de herança monogênico, as demais foram classificadas como mitos. O autor ressalta que, diante da abordagem simplista apresentada para essas características, elas não devem ser utilizadas no ensino como exemplos que seguem o modelo Mendeliano de herança.

Na análise do artigo, 20 das características apresentam levantamento de estudos familiares, 10 apresentam estudos com gêmeos e 5 apresentam estudos na área da genética molecular.

Quadro 9 - Características humanas abordadas no artigo “Myths of Human Genetics”, os fenótipos descritos, o modo como são ensinadas e a conclusão de acordo com os conhecimentos científicos e estudos familiares e gêmeos.

Continua

Característica	Fenótipos	Como é ensinado	Conclusão
Cruzar os braços	Antebraço esquerdo em cima; Antebraço direito em cima.	Característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para antebraço direito em cima é dominante.	Há pouca influência genética no cruzamento dos braços, e certamente, não é uma característica de um gene e dois alelos como ensinado. Portanto, não se deve usar o cruzamento de braços para demonstrar genética básica.
Excreção de compostos sulfurosos na urina após ingestão de aspargo	Após ingerir aspargo: compostos sulfurosos presentes ou ausentes na urina.	Característica é controlada por um gene com dois alelos, sendo dominante o alelo que determina a secreção do enxofre na urina.	A quantidade limitada de dados familiares disponíveis sugere que a excreção pode ser um caráter simples de um gene com 2 alelos, sendo a excreção de caráter dominante. Entretanto, são necessárias mais pesquisas para elucidar melhor essa variação.
Odor na urina após ingestão de aspargo	Capacidade de sentir ou não o odor dos compostos do enxofre que são secretados na urina	Característica é controlada por um gene com dois alelos, com o gene para sentir o cheiro dominante.	Estudos sugerem que há variação na habilidade de sentir o odor, mas não há dados de estudos familiares que sugerem o modo de herança. São necessárias mais pesquisas.
Lóbulo da orelha	Lóbulo da orelha solto ou aderente à cabeça.	Característica é controlada por um único gene, com o alelo para lóbulo livre de caráter dominante.	A variação fenotípica é contínua e não dicotômica. Desse modo, os estudos familiares demonstram que não é uma característica de um gene e dois alelos, como descrito no mito.
Betúria	Após ingerir beterraba, a urina pode ou não ficar com uma coloração avermelhada.	Característica é controlada por um único gene com dois alelos, sendo o alelo para betúria de caráter recessivo.	A variação fenotípica não é dicotômica, ou seja, há uma faixa contínua de variação da cor vermelha após a ingestão de beterraba. Os estudos sugerem que esta variação não é fortemente influenciada pela genética, assim, não é uma característica de herança mendeliana simples.
Dedo mindinho	Os dedos mínimos se dobram em direção	Característica é controlada por um gene com dois	A variação fenotípica não é dicotômica e não há estudos que apresentem evidências de que há

	aos dedos anelares ou são retos.	alelos, sendo de caráter dominante o alelo para dedos dobrados.	fatores genéticos envolvidos na variação dessa característica.
Covinhas nas bochechas	Ao sorrir algumas pessoas possuem covinhas e outras não.	Característica é controlada por um gene com dois alelos, e o alelo para covinhas tem caráter dominante.	A presença de covinhas pode mudar durante a vida de um indivíduo e não há evidências científicas sobre a base genética.
Fenda do queixo	Algumas pessoas têm uma covinha ou vinco proeminente na frente do queixo, outras possuem o queixo liso.	Característica é controlada por um único gene com dois alelos, com queixo fendido de caráter dominante.	A variação fenotípica não é dicotômica e os estudos mostram que o padrão de herança descrito não é coerente com a herança mendeliana simples.
Tubérculo de Darwin	Algumas pessoas têm uma protuberância na parte interna da orelha, outras não têm. Isso é conhecido com tubérculo de Darwin.	Característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para o tubérculo de Darwin apresenta caráter dominante.	Há dificuldade em classificar os fenótipos em duas categorias e há indivíduos com presença em somente uma das orelhas. Os dados apontam para pouca influência genética nessa característica.
Cera de ouvido	A cera de ouvido pode ser seca, quebradiça e acinzentada, ou úmida, pegajosa e amarelada	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para cera úmida é caráter dominante.	Os estudos familiares comprovam o padrão de herança descrito. Além disso, há evidências da variação a nível molecular e populacional. Este exemplo pode ser utilizado para o ensino teórico da genética com algumas ressalvas em relação às frequências populacionais e ao caráter repugnante de analisar a cera do ouvido.
Cor dos olhos	Coloração dos olhos pode ser azul, verde ou marrom.	A característica é controlada por um gene com dois alelos, e o alelo para olhos azuis é de caráter recessivo ao alelo para olhos não azuis.	Há uma simplificação excessiva em descrever a coloração dos olhos, em somente 3 fenótipos. Essa característica possui um gradiente de variação fenotípica muito grande. A cor dos olhos é influenciada pela quantidade da melanina, que é devida à variação em vários genes diferentes e

			interações entre eles.
Cor do cabelo	Coloração do cabelo pode ser ruivo, loiro ou castanho.	Característica é controlada por um único gene, com o alelo para ruivo sendo recessivo aos alelos para outras cores.	A cor do cabelo ruivo não se apresenta como um traço genético simples, determinado por um único gene. Há evidências científicas da variação na cor do cabelo está associada à quantidade de eumelanina, como também, a cor ruiva associada às variações alélicas no gene MC1R. Mas, a relação genótipo e fenótipo não é simples e direta.
Espiral central do cabelo	A espiral central do cabelo gira no sentido horário ou anti-horário.	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para o sentido horário é de caráter dominante.	Os estudos apresentam dificuldades na classificação em somente dois fenótipos e os dados não se encaixam perfeitamente no modelo genético simples.
Juntar as duas mãos	Ao juntar as mãos o polegar direito ou o esquerdo se posiciona em cima.	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para o dedo esquerdo em cima é de caráter dominante.	Não há comprovação científica de fatores genéticos envolvidos na variação dessa característica. O mito surge por um equívoco da associação do mais frequente ser considerado o fenótipo dominante.
Polegar	O polegar é reto ou é dobrado (caroneiro).	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, sendo o alelo para polegar reto de caráter dominante.	A variação fenotípica não é dicotômica, há um gradiente de variação fenotípica. Os estudos relatam que a variação não se adequa ao controle de um único gene.
Pelos nos dedos	presença ou ausência de pelos na parte de trás do segmento médio de alguns dedos.	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para a presença de pelos é de caráter dominante.	A característica não é determinada pelo padrão de herança simples, além disso pode sofrer influência ambiental.
Sensibilidade gustativa ao PTC	Algumas pessoas sentem o sabor amargo do PTC e outras não sentem.	A característica é controlada por um único gene com dois alelos, e o alelo para percepção ao gosto amargo	Os estudos familiares, de gêmeos relatam, em parte, o padrão de herança descrito, entretanto há outros genes e/ou fatores ambientais que influenciam na variação da percepção gustativa do

		do PTC é dominante.	gosto amargo do PTC. Além disso, as variações alélicas a nível molecular já são conhecidas. Como há um gradiente de variação fenotípica contínua da percepção gustativa, conforme a concentração do PTC utilizada no experimento, não é possível fazer uma separação absoluta entre os fenótipos sensíveis e insensíveis. Esses dados fornecem um excelente exemplo para estudo em sala de aula.
Comprimento do segundo dedo do pé	O dedão do pé é maior ou menor que o segundo dedo do pé.	A característica é controlada por um gene com dois alelos, com o alelo dominante para dedão menor que o segundo dedo do pé.	Os tamanhos relativos entre os dois dedos apresentam variação contínua, não sendo possível ter classificação precisa em dois fenótipos. A característica é influenciada pela genética, mas pode ser determinado por mais de um gene ou por uma combinação de genética e meio ambiente.
Habilidade de enrolar a língua em tubo	Habilidade de enrolar a língua e a não habilidade de enrolar a língua em um tubo	A característica é determinada por um gene com dois alelos, com o alelo dominante para enrolar a língua.	Os estudos mostram que a característica é influenciada tanto pela genética quanto pelo ambiente, e não há uma definição acerca do padrão de herança.
Bico de viúva	Linha de inserção do cabelo na frente da cabeça pode apresentar um ponto proeminente em forma de V apresentar uma linha reta.	A característica é controlada por um gene com dois alelos, e o alelo para o bico da viúva é de caráter dominante.	A variação fenotípica parece não ser dicotômica, pois há dificuldade em se estabelecer uma linha reta na inserção do cabelo, ou mesmo, na definição do qual é a descrição de um bico da viúva. Não há evidências publicadas sobre a influência de fatores genéticos sobre essa característica.

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com as categorias sugeridas, foi possível observar que a maioria, 95%, das características apresentadas no artigo “Myths of Human Genetics” (2011) podem ser classificadas como **desvio conceitual**, 35% como **pouca ou nenhuma influência genética**, 40% como **dados insuficientes**, 60% como **variação fenotípica dicotômica** e 5% como **padrão de herança monogênico**. Vale ressaltar que uma mesma característica pode estar em mais de uma categoria. As descrições de cada categoria proposta estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Categorias de classificação das características descritas no artigo Myths of Human Genetics (2011)

Categoria	Descrição
Pouca ou nenhuma influência genética	Características que apresentam poucos dados genéticos disponíveis e os estudos familiares e de gêmeos não permitem afirmar a influência genética como explicação da variação fenotípica.
Desvio conceitual	Características que apresenta variação fenotípica explicada por fatores genéticos, mas o padrão de herança monogênico descrito está equivocado. Na maioria dos casos, o padrão é de herança multifatorial.
Padrão de herança monogênico	Características onde os estudos corroboram com o padrão de herança monogênico descrito anteriormente.
Dados insuficientes	Características onde os estudos trazem dados insuficientes, não esclarecem a metodologia utilizada para validar suas conclusões e/ou não são congruentes em seus resultados.
Variação fenotípica dicotômica	Características onde a variação fenotípica é percebida como além de dois fenótipos, mas foi descrita de maneira simplista para se adequar à herança mendeliana.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4 Recurso Didático Investigativo para o ensino de Genética Humana no Ensino Médio

A produção do recurso didático para o ensino de genética humana foi pautada em artigos que atendessem às demandas das diretrizes educacionais da BNCC e CMNEM. A organização e a didática do jogo ocorreu através do desenvolvimento das etapas do EnI a partir da integração de cinco artigos selecionados da segunda etapa de análise da GnE, e duas características estudadas no artigo do Myths of Human Genetics (MCDONALD, 2011), conforme quadro abaixo (Quadro 11):

Quadro 11 - Artigos e características utilizadas na elaboração do jogo Investigando a Genética da Família, como recurso didático investigativo para o ensino da Genética Humana

Genética na Escola
Estudando uma característica complexa: as impressões digitais.
O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro.
“Baralho mutante” para o ensino das alterações cromossômicas numéricas.
Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação.
Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa.
Myths of Human Genetics
Cor dos olhos
Enrolar a língua

Fonte: Elaborado pela autora.

Como recurso didático investigativo para o ensino da Genética Humana foi criado o jogo **Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco**, sendo esse uma ferramenta didática criativa para um ensino mais dinâmico e contextualizado diante do interesse que a genética humana desperta nos estudantes.

Visto que foi desenvolvido e organizado com o objetivo de fornecer um recurso didático que permita aos estudantes debater, revisar e correlacionar conceitos de genética já descritos e trabalhados em sala, o jogo deve ser aplicado sob supervisão do professor.

A partir da abordagem de ensino investigativa, proposta por Scarpa e Campos (2018), o jogo tem como ponto de partida uma situação-problema em que o objetivo é despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes, como também, realizar o levantamento de hipóteses para investigar e buscar uma solução para o problema, abarcando e explorando a fase inicial de orientação do EnI.

A finalidade do jogo **Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco** é desvendar a relação de parentesco – pais, filhos e netos – que existe entre os 19 indivíduos descritos na situação-problema. A relação de parentesco será desvendada pela análise de características genéticas já descritas na literatura, como padrões de impressões digitais, sistema sanguíneo ABO/Rh, cariótipo e marcadores microsátélites (STRs). O conjunto dessas características promove a oportunidade de discussão sobre as tecnologias utilizadas, suas potencialidades e limitações.

Em uma etapa final, o conhecimento e as habilidades desenvolvidas serão aplicadas em casos reais veiculados nas mídias jornalísticas e televisivas em que há correlação com o conteúdo de genética humana abordado durante o jogo.

A síntese do jogo, suas ferramentas e a relação estabelecida com as etapas do Ensino por Investigação é observada no quadro 12, e as regras do jogo e seus demais componentes são encontrados no Apêndice C.

Quadro 12 - Síntese das fases vivenciadas durante jogo, suas ferramentas e a relação estabelecida com as etapas do Ensino por Investigação

Jogo	Ferramentas do Jogo	Ensino por Investigação
Conhecer a situação-problema	Texto base: A família sem memória	Orientação
Propor uma solução com base em seus conhecimentos	Cartela Investigativa	Conceitualização
Propor uma hipótese de relação de parentesco	Cartela com características gerais dos indivíduos	Investigação e exploração
Discussão acerca dos dados coletados e da hipótese elaborada	Cartela investigativa e informações entre os pares	Interpretação dos dados
Testar a hipótese elaborada	Cartelas com características genéticas dos indivíduos	Exploração e experimentação
Resolução da situação-problema e discussão geral	Cartela investigativa e informações entre os pares	Conclusão e discussão
Aplicações em casos reais veiculados na mídia	Cartela de consulta do professor	Reflexão
Reflexão acerca da construção do conhecimento a partir de uma abordagem investigativa	Roda de conversa e/ou questionário que o professor pode elaborar	Reflexão

Fonte: Elaborada pela autora.

5. DISCUSSÃO

5.1 Panorama Geral dos artigos de Genética Humana na GnE

O panorama produzido constatou que 47% dos artigos da revista Genética na Escola, no período de 2015 a 2021, são dedicados à área da Genética Humana. Na maioria dos casos, os artigos abordam o conhecimento científico atual de diversas características monogênicas, apresentam materiais didáticos diversos, exploram os aspectos éticos e sociais, como também o estudo de várias características humanas complexas de herança multifatorial.

Este panorama torna-se uma ferramenta útil para suprir as inadequações com que temas e conteúdos de genética humana são abordados e discutidos nos livros didáticos do Ensino Médio, como relatado por Prochazka e Franzolin (2018) e Baiotto e Loreto (2018).

Outro ponto a destacar, é a possibilidade de ser utilizado como uma ferramenta mediadora do processo de ensino e aprendizagem, para além do livro didático, uma vez que Temp e Bartholomei-Santos (2018) argumentam que esse tipo de material proporciona ao professor uma fonte de atualização e complementação à sua formação acadêmica.

Alguns autores destacam que a produção de um panorama com publicações que abordam o conteúdo de genética humana, com uma linguagem descomplicada e acessível aos estudantes, proporciona uma maior proximidade com o conhecimento científico produzido na academia, o que fornece aos estudantes uma visão menos determinista e mais dinâmica da ciência e suas inovações (BAIOTTO; LORETO, 2018; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

De acordo com alguns trabalhos recentes de revisões na área de ensino de genética se faz necessário expandir e aplicar o conhecimento escolar na esfera social, na busca por metodologias que apliquem conteúdos atitudinais e processuais (ROSA; ALMEIDA, 2021), promover discussões e emancipação crítica (DA SILVA; DA COSTA, 2020) e com a utilização de recursos didáticos atrativos (NETO, 2021). Sendo assim, o panorama produzido é uma ferramenta de grande valia, uma vez que mostra-se como um recurso didático completo e atualizado, que aborda diversos temas e metodologias de ensino atendendo a essa demanda.

Em relação aos recursos e abordagens didáticas, a literatura aponta no sentido da implementação de um ensino contextualizado, atrativo e integrado com questões culturais e políticas. Considerar o cotidiano dos estudantes facilita e consolida o processo de aprendizagem, ao mesmo tempo que torna o ensino da genética humana mais dinâmico (TEMP, 2011; ROSA; ALMEIDA, 2021; NETO, 2021).

Nesse sentido, devemos destacar a produção que foi observada na seção **Material didático**, esta representa 25% das publicações do panorama. Esse material aborda conteúdo inédito focado no processo de ensino e aprendizagem e está de acordo com que apontam Da Silva e Da Costa (2020) sobre as mudanças que vêm ocorrendo no processo de ensino da genética diante das metodologias e estratégias didáticas aplicadas.

Observa-se no panorama artigos que abordam o estudo de características complexas, como sugerem Baiotto e Loreto (2018) e Prochazka e Franzolin (2018). Isso ocorre por meio da abordagem de características com padrão de herança multifatorial que mostram a complexidade da expressão gênica e a influência que o ambiente pode exercer sobre elas. Tais abordagens são observadas em cerca de 30% dos artigos que compõem o panorama, e estão contidos nas categorias **Herança multifatorial e Novos conhecimentos**.

Apesar da herança monogênica ser mais explorada nos livros didáticos do Ensino Médio, quando comparadas à herança multifatorial, o panorama não apresenta diferença significativa entre o número de publicações dessas categorias. Além disso, as características monogênicas apresentadas nos artigos do panorama são relatadas com as bases moleculares e retratam a complexidade fenotípica de forma aprofundada.

O panorama contempla artigos que, por integrarem a revista GnE, possuem uma linguagem apropriada ao público docente não especialista em genética, o que permite a sua compreensão e aplicação na educação básica. Esse aspecto também foi observado na revisão sistemática realizada por Aguilar-Aleixo e Leite (2021) para o ensino do conteúdo de Evolução Biológica, na mesma revista.

Ademais, os conteúdos abordados nos artigos permitem a sua aplicação de forma integrada com os conteúdos de biologia molecular e de maneira interdisciplinar com a química, sociologia e filosofia.

Os artigos do panorama podem auxiliar aos professores na reflexão da sua prática docente, conforme Aivelo e Uitto (2019) que apontam a importância da transposição didática realizada pelo professor para preparar os estudantes na desconstrução de ideias deterministas e torná-los abertos à inserção das novas biotecnologias na sociedade.

Os trabalhos desenvolvidos por McDonald (2011) e por National Institutes of Health U.S. apresentam dados para a abordagem adequada na utilização de características humanas visíveis, levando à desmistificação de que a maioria delas apresentam herança mendeliana simples.

Franzolin, et al. (2020) realizaram um estudo sobre abordagem de ensino das características humanas mais utilizadas nos livros didáticos do Brasil e de Portugal, que são a cor da pele, a cor dos olhos e a altura. As autoras chamam a atenção da importância do ensino dessas características complexas, pois não são raras, são comuns a todos os indivíduos e não são doenças. Entretanto, as informações nos livros didáticos se resumem a citar que são poligênicas com influência ambiental. Esse fato limita a transposição didática por não abordar a complexidade genética. Diante desses resultados, os artigos selecionados no panorama são excelentes fontes bibliográficas para um ensino coerente com o conhecimento científico.

O panorama também atende às demandas referentes à composição curricular e possuem o embasamento teórico para proporcionar o desenvolvimento de competências e habilidades contidas na BNCC e no Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio, e portanto podem ser trabalhados na Formação Geral Básica (FGB), na área de conhecimento **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, dentro da disciplina de biologia e de maneira interdisciplinar como supracitado.

Ademais o panorama fornece material para a elaboração e desenvolvimento de uma Eletiva Orientada (EO), de acordo com os eixos estruturantes dos Itinerários Formativos (IF), compondo parte flexível do currículo do Ensino Médio (DISTRITO FEDERAL, 2020).

Os Itinerários Formativos constituem a parte flexível do currículo do Ensino Médio, a partir dos quais os estudantes poderão, de forma orientada, escolher, a cada período letivo, um conjunto de unidades curriculares conforme seus interesses, suas necessidades pedagógicas, suas aptidões e seus objetivos, para a ampliação das aprendizagens nas áreas do conhecimento e/ou na Educação Profissional e Tecnológica, a fim de garantir a apropriação dos temas transversais e o uso de metodologias que favoreçam o protagonismo estudantil, a resolução de demandas complexas da vida cotidiana e o exercício da cidadania (DISTRITO FEDERAL, 2020, p. 111).

Os Eixos Estruturantes dos Itinerários Formativos que contemplam o conteúdo e os objetivos pedagógicos da área de biologia durante as aprendizagens de genética humana são: Investigação Científica e Mediação e Intervenção Sociocultural. A Investigação Científica permite ampliar e aprofundar as aprendizagens de modo interdisciplinar dentro da área de conhecimento **Ciências da Natureza e suas Tecnologias** e, a Mediação e Intervenção Sociocultural permite difundir os conhecimentos científicos, ampliar as discussões acerca das discriminações diante de doenças genéticas e do racismo, permitindo um trabalho pedagógico transdisciplinar com a área de conhecimento **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas** (Quadro 13).

Quadro 13 - Intencionalidades Pedagógicas dos Eixos Estruturantes que contemplam o conteúdo de ensino e aprendizagem da genética humana

Intencionalidades Pedagógicas dos Eixos Estruturantes	
Investigação Científica	Mediação e Intervenção Sociocultural
Possibilitar o desenvolvimento da capacidade investigativa e da sistematização do conhecimento, por meio de práticas e produções científicas que permitam o aprofundamento dos conceitos fundantes da ciência, a interpretação e compreensão de fenômenos, assim como a proposição de intervenções que considerem as características locais.	Ampliar a capacidade de os estudantes utilizarem seus conhecimentos adquiridos para atuarem como agentes de mudanças e possibilitar a realização de projetos que contribuam para a construção de uma sociedade mais ética, justa, democrática, inclusiva, solidária e sustentável. Esse eixo deve, também, estimular a convivência, a mediação de conflitos, a atuação sociocultural e o envolvimento dos estudantes nas questões da vida pública, promovendo o engajamento e a mobilização da comunidade escolar em projetos que promovam transformações.

Fonte: Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio (DISTRITO FEDERAL, 2020).

Vale ressaltar que apesar de atual, esse panorama não é estanque e o conhecimento fornecido através de suas indicações sofrem alterações à medida que o conhecimento científico e acadêmico avança, pois estamos diante de uma ciência mutável, dinâmica e em busca de inovações com aplicações na sociedade contemporânea. Além disso, outras fontes de produção acadêmica e revisões literárias podem ser consultadas para aprofundamento em temas de interesse.

Por fim, o panorama fornece uma fonte de busca rápida de acordo com o título, sessão da revista e categoria conforme a temática abordada, e pode ser utilizado por toda comunidade escolar da educação básica e superior como recurso complementar ao processo de ensino da genética humana.

5.2 Recurso didático para o ensino da Genética Humana no Ensino Médio

Os jogos educacionais proporcionam um aprendizado atrativo, dinâmico e motivador, que permite aos estudantes mobilizar e inter-relacionar competências, habilidades, criatividade e senso crítico durante o processo de construção do conhecimento (SAVI; ULBRICHT, 2008; LERGEY et al, 2012).

O recurso didático desenvolvido neste trabalho visa proporcionar a construção do conhecimento a partir de uma ferramenta pedagógica lúdica, que desperta o interesse dos estudantes e proporciona a socialização. Desse modo este recurso tem o potencial de ensino conceitual, atitudinal e cognitivo conforme Valdez (2017) e Rosa e Almeida (2021), como também atende a sugestão de Legey et al (2012) para uma prática educacional dinâmica e atrativa.

Além disso, segundo Da Silva, Cabral e Castro (2019) para superar as dificuldades que os estudantes do Ensino Médio apresentam diante do conteúdo de genética, é necessário a elaboração e aplicação de estratégias diversificadas de ensino. O recurso didático elaborado, sendo este um jogo, atende a essa demanda e representa uma ferramenta complementar ao ensino da Genética Humana.

Corroborando com esses dados, podemos citar um estudo que aponta os jogos didáticos como a metodologia mais presente em pesquisas na seção de Ensino de Genética dos Congressos Brasileiros de Genética, promovido pela Sociedade Brasileira de Genética. Isso aponta para a mudança que está ocorrendo com as metodologias e recursos empregados para um ensino contextualizado da genética (DA SILVA; DA COSTA; 2020).

A elaboração do jogo ***Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco*** ocorreu a partir de 5 artigos contemplados na segunda etapa de seleção da GnE. Os artigos selecionados descrevem características genéticas que podem ser analisadas pelos estudantes e proporcionar um ensino com etapas que envolvem a metodologia do fazer científico, como a coleta de dados, a proposição e teste de hipótese. Isso foi possível com a abordagem do Ensino por Investigação proposta por Scarpa e Campos (2018).

O jogo ***Família sem Memória - Investigando a Relação de Parentesco*** ainda proporciona a aplicação do conhecimento construído aos casos reais veiculados na mídia, o que fornece ao estudante um espaço para discussão e sua inserção como cidadão capaz de compreender, interpretar e emitir opinião acerca do que acontece na sociedade em que está inserido (DA SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019).

Por fim, o jogo elaborado proporciona aos professores um momento para revisar as descobertas mais recentes da ciências ao poder consultar as suas referências, o que pode ser agente motivador para a aplicação de outras estratégias educacionais para além das aulas expositivas.

Integrando uma abordagem diversificada e proporcionando aos estudantes e professores um processo de ensino e aprendizagem que permite a discussão de temas cotidianos, associado ao protagonismo dos estudantes, o recurso proposto atende às demandas apontadas na literatura e está de acordo com a proposta do Novo Ensino Médio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados, ressalta-se a importância de acompanhar as novas descobertas da Ciência para manter uma transposição didática coerente com os conhecimentos científicos atuais, tanto no que diz respeito à produção de material didático para a educação básica, quanto à transposição didática do professor em sala de aula.

O processo de ensino e aprendizagem coerente com o desenvolvimento científico, bem como a atualização dos livros didáticos e dos docentes da Educação Básica, são fatores fundamentais para desconstruir mitos e crenças populares que descredibilizam o ensino da genética humana. Nesse sentido, o panorama produzido neste trabalho é de fundamental importância nesse processo.

As metodologias, abordagens e recursos didáticos utilizados nas escolas devem fornecer contextualização com a realidade do aluno, tornando-o capaz de participar de maneira ética, cultural e política na sociedade em que está inserido. E dentro dessa realidade o ensino da Genética Humana com uma abordagem de ensino investigativa é de extrema importância, pois agrega o conhecimento em várias áreas das ciências, sendo capaz de compreender a construção social em que o estudante se insere.

O panorama e o jogo didático desenvolvidos auxiliam o ensino de Genética Humana no Ensino Médio, tanto para professores como para estudantes, além de agregar a abordagem investigativa como processo de ensino.

Conforme experiência pessoal esses produtos são de grande valia para auxiliar na reflexão da prática docente, tanto por proporcionar um material auxiliar como fonte de busca e atualização, quanto por fornecer um recurso didático de acordo com a literatura.

Por fim, há a perspectiva de aplicação do jogo didático proposto para que sirva como instrumento de avaliação do processo de ensino e aprendizagem através da abordagem investigativa, lúdica e dinâmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR-ALEIXO, L.; LEITE, F. T. A. Panorama das pesquisas em ensino de evolução biológica publicadas na revista *Genética na Escola* no período de 2006 a 2020. **Genética na Escola**, v. 16, n. 2, p. 430-439, 2021.
- AIVELO, T.; UITTO, A. Teachers' choice of content and consideration of controversial and sensitive issues in teaching of secondary school genetics. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 18, p. 2716-2735, 2019.
- ANDRADE, G. B. et al. Estudando uma característica complexa: as impressões digitais. *Genética na Escola*, v.12, n. 2, p. 150-159, 2017.
- BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Caracteres Humanos Herdados utilizados no Ensino de Genética em Livros Didáticos. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 4, 2018.
- BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 286-293, 2016.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução n. 2, de 30 de janeiro 2012**. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM**, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria Executiva. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília: MEC, 2018.
- BURNATT, S. T. G. **Utilizando os jogos didáticos para o ensino de genética**. Monografia de Especialização. UFPR – PR, 2014.
- CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na escola**, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.
- CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. Dissertação de Mestrado. UFSC – SC, 2006.
- CEZAR-DE-MELO, P. F. T; GOLÇALVES, P. R. Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação. **Genética na Escola**, v.15, n. 2, p. 180-193, 2020.
- DA SILVA, C. C.; CABRAL, H. M. M.; DE CASTRO, P. M. Investigando os obstáculos da aprendizagem de genética básica em alunos do ensino médio. **ETD-Educação Temática Digital**, v. 21, n. 3, p. 718-737, 2019.

DA SILVA, E. L.; DA COSTA, G., R. I. Ensino de genética no Brasil: um panorama das concepções e estratégias didáticas. **Praxis Pedagógica**, v. 20, n. 26, p. 95-116, 2020.

DEGRANDI, T. M. et al. "Baralho mutante" para o ensino das alterações cromossômicas numéricas Aneuploidias. **Genética na Escola**, v. 13, p. 132-143, 2018.

DISTRITO FEDERAL, Secretaria de Estado de Educação - SUBEB, Subsecretaria de Estado de Educação. Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio. Brasília, 2020.

FRANZOLIN, F. et al. Complexidade genética e a expressão da cor da pele, cor dos olhos e estatura humana: transposição didática. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 1, p. 239-261, 2020.

GENÉTICA NA ESCOLA. **Sociedade Brasileira de Genética**. Disponível em: < <https://www.geneticanaescola.com/> > Disponível em: 20/08/2020.

HERMANN, F. B.; ARAÚJO, M. C. P. Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos da revista genética na escola. **EREBIO-SUL**, v. 6, 2013.

KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; PAIVA, S. G.; OLIVEIRA, S.F. Herança monogênica: além de Mendel, além do DNA. **Genética na Escola**, v.9, n. 2, p. 80-85, 2014.

LEGEY, A. P. et al. Desenvolvimento de Jogos Educativos Como Ferramenta Didática: um olhar voltado à formação de futuros docentes de ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 49-82, 2012.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH U.S. Help Me Understand Genetics – Genetics and Human Traits. Disponível em: < <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/traits/> >

NETO, A. L. M. Livro didático e a produção acadêmica sobre o ensino de genética: um olhar para as publicações no ENPEC. **ENEBIO**, v. 8, p. 3911-3920, 2021.

MCDONALD, J. H. Myths of human genetics. **Baltimore: Sparky House**, 2011.

PROCHAZKA, L. S.; FRANZOLIN, F. A Genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. **Ciência & Educação**, v. 24, n.1, p. 111-124, 2018.

PUIG, B.; ALEIXANDRE, Maria Pilar J. The model of gene expression and determinism in science textbooks. **Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgacion De Las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 55-65, 2015.

RAMOS, V. D. S; AIRES, R. M.; GÓES, A. C. S. O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro. **Genética na Escola**, v.13, n. 1, p. 70-81, 2018.

ROSA, I. S. C.; DE ALMEIDA, R. O. O conteúdo de genética e as experiências didáticas relatadas na literatura: uma revisão sistemática dos trabalhos do ENPEC. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 245-270, 2021.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania Ribas. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. **Renote**, v. 6, n. 1, 2008.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, p. 25-41, 2018.

SILVA, L. R. C. et al. Pesquisa documental: alternativa investigativa na formação docente. In: **Congresso Nacional de Educação**, 2009.

TARGUETA et al. Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa. **Genética na Escola**, v.16, n. 2, p. 218-227, 2021.

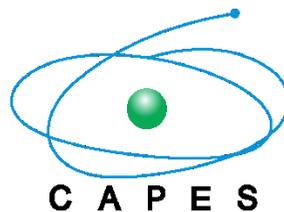
TEMP, D. S. **Facilitando a aprendizagem de Genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de Biologia**. Dissertação de Mestrado. UFSM – RS, 2011.

TEMP, Daiana Sonego; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvocat. O ensino de genética: a visão de professores de Biologia. **Rev. Cient. Schola**, v. 2, n. 1, p. 83-95, 2018.

VALDEZ, V. RIOS. **Desenvolvimento de uma matriz de competências e habilidades para repensar o ensino de ciências pela perspectiva do ensino por investigação**. Disertação de Mestrado. UnB - DF, 2017.

APÊNDICE A

Panorama Geral dos artigos de Genética Humana na revista Genética na Escola.



Agradecimento à Capes pelo financiamento desta pesquisa, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.



Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO



Universidade de Brasília

Ailla de Oliveira Motta

O Panorama Geral dos artigos de Genética Humana na revista Genética na Escola foi desenvolvido com o objetivo de selecionar artigos que abordam o conteúdo de genética humana, como material de apoio para a abordagem da temática do processo de ensino e aprendizagem na etapa do Ensino Médio.

A revista Genética na Escola (GnE) foi selecionada como fonte de busca por ser um periódico vinculado à Sociedade Brasileira de Genética (editora), com publicação on-line de livre acesso a todo público interessado e com linguagem acessível a não especialistas. Além disso a GnE se propõe a difundir experiências e materiais educacionais nos níveis de educação básica e superior se consolidando como referência na área.

O Panorama atende ao critério de atualidade, pois a seleção dos artigos foi realizada nas edições publicadas no período de 2015 a 2021, totalizando 15 edições. Dos artigos selecionados foi realizado um registro sobre os autores, as instituições, categoria de acordo com os temas abordados, e a classificação conforme as sessões da revista – Conceitos de Genética; Genética e Sociedade; Um Gene; Investigação

em Ensino de Genética; Na Sala de Aula; Materiais Didáticos e Resenha. Quanto à autoria dos artigos, foi definido em cinco grupos: Professor do Ensino Superior, Professor do Ensino Médio, Pós-graduando, Graduando e Estudante do Ensino Médio. Quanto à categoria, os artigos foram organizados de acordo com os conceitos abordados e a sua aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino de genética humana, permitindo ao professor uma busca direcionada de acordo com os seus objetivos (Quadro 1).

Quadro 1 - Categorias de classificação dos artigos pesquisados, de acordo com os conceitos abordados e aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino da genética humana.

Categorias	Conceitos, conhecimentos e aplicabilidade
Novos conhecimentos	Abordam revisão de temas e/ou conceitos novos da Genética e biotecnologia.
Herança monogênica	Características e doenças com esse padrão de herança genética.
Novas ferramentas	Novas formas e instrumentos para auxiliar o processo de ensino da genética humana.
Genética e sociedade	Os temas abordados estão diretamente ligados ao cotidiano da sociedade.
Herança uniparental	Abordam a transmissão do DNA mitocondrial ao longo das gerações.
Herança multifatorial	Características e doenças com esse padrão de herança genética.

Fonte: Elaborado pela autora

Edição	Título	Seção	Instituição	Autor	Categoria
2015/I	Epigenética: uma nova compreensão sobre a expressão do genoma	Conceitos de genética	UFPB	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2015/I	Filhas de Eva	Materiais didáticos	USP	Prof. Ensino Superior	Herança uniparental
2015/I	Brincando, construindo e aprendendo: a produção da melanina como modelo de herança	Materiais didáticos	UFSM - RS	Prof. Ensino Médio	Herança monogênica
2015/II	Diabetes mellitus tipo 1 e suas consequências sociais	Genética e Sociedade	UFES	Graduando	Herança multifatorial
2015/II	Aulas de Genética em que os alunos aprendem conversando sobre a determinação das características humanas	Na sala de aula	Colégio Móbile	Prof. Ensino Médio	Herança multifatorial
2015/II	O heredograma nas séries iniciais do Ensino Fundamental	Materiais didáticos	UFSM - RS	Pós-graduando	Herança monogênica
2015/II	Bancos de dados biológicos: uma investigação médica para familiarizar-se com a bioinformática	Materiais didáticos	UFC - CE	Pós-graduando	Nova ferramenta
2015/II	TED-Ed e youtube.edu – Ferramentas para o ensino de Genética	Resenhas	Colégio Móbile - SP	Prof. Ensino Médio	Nova ferramenta
2015/II	Gene HPRT1: metabolismo de purinas e síndrome de Lesch-Nyhan.	Um gene	UFPA	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2016/I	Sirtuínas e o envelhecimento	Genética e sociedade	UFPA	Prof. Ensino Superior	Herança multifatorial
2016/I	GENETIKANDO: usando seriados de TV e simulações de laboratório para ensinar Genética.	Na sala de aula	UTFPR	Prof. Ensino Superior	Nova ferramenta
2016/I	Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula	Materiais didáticos	UFSM -RS	Pós-graduando	Herança multifatorial
2016/I	Quem foi que disse: sobre a causa sagrada de Darwin	Resenha - vídeo	CSA -MG	Estudante de Ensino Médio	Nova ferramenta
2016/I	O gene MSTN e o desenvolvimento muscular	Um gene	UNESP	Pós-graduando	Genética e sociedade

2016/II	O vigésimo primeiro e o vigésimo segundo aminoácidos: o código genético expandido.	Conceitos de Genética	UNICAMP	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2016/II	Genética até no transporte público	Genética e sociedade	UFMG	Pós-graduando	Genética e sociedade
2016/II	Alterações cromossômicas estruturais e segregação meiótica: um modelo didático usando massa de modelar.	Materiais didáticos	UESB	Graduando	Nova ferramenta
2016/II	Síntese proteica: um software para entender como ocorre o processo de produção de proteínas.	Materiais didáticos	UNICAMP	Pós-graduando	Nova ferramenta
2016/II	Interferon gama: um gene-chave na defesa contra micobactérias.	Um gene	UFPR	Graduando	Herança monogênica
2016/S UP	Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha?	Na sala de aula	UFMS -RS	Pós-graduando	Herança monogênica
2017/I	Material didático para o ensino inclusivo de herança genética	Materiais didáticos	UFF - RJ	Pós-graduando	Nova ferramenta
2017/II	A revolucionária técnica de edição genética "CRISPR".	Conceitos de genética	USP	Pós-Graduando	Novos conhecimentos
2017/II	O impacto na sociedade de edição com base no sistema CRISPR-Cas9	Genética e Sociedade	USP	Pós-Graduando	Genética e sociedade
2017/II	A biologia tem história: darwinismo social e eugenia em uma proposta transdisciplinar.	Na sala de aula	UFPR	Pós-graduando	Genética e sociedade
2017/II	Estudando uma característica complexa: as impressões digitais	Materiais didáticos	UnB	Pós-graduando	Herança multifatorial
2017/II	Homo sapiens: um documentário no ensino de genética	Resenha	UnB	Prof. Ens. Superior	Nova ferramenta
2017/II	O gene ALDH2 e o metabolismo do álcool	Um gene	UFG	Pós-graduando	Herança multifatorial
2018/I	Por dentro do círculo: o DNA mitocondrial	Conceitos de genética	USP	Prof. Ens. Superior	Herança uniparental

2018/I	O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro	Materiais didáticos	UERJ	Prof. Ensino Médio	Genética e sociedade
2018/I	Gene SRC e a família SRC de proteínas-quinase	Um gene	UFPA	Pós-graduando	Herança multifatorial
2018/I	O gene PRNP codificador da proteína prion e o mal da vaca louca.	Um gene	USP	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2018/II	Uso do filme GATTACA para ensinar e discutir genética.	Sala de aula	UFAM	Graduanda	Nova ferramenta
2018/II	“Baralho mutante” para o ensino das alterações cromossômicas numéricas Aneuploidias	Materiais didáticos	UFPR	Pós-graduando	Nova ferramenta
2018/II	Estudo de caso: Como desenvolver uma vacina de DNA contra a dengue?	Materiais didáticos	UEM - PR	Pós-graduando	Genética e sociedade
2018/II	Biotecnologia em jogo: estratégia lúdica para o ensino médio.	Materiais didáticos	UFF - RJ	Pós-graduando	Nova ferramenta
2018/II	Os genes do relógio circadiano no cinema	Material didático	USP	Graduando	Herança multifatorial
2018/II	O mistério de Marie Rogêt: um jogo de investigação como ferramenta para a aprendizagem e contextualização da Genética.	Material didático	UFMG	Graduando	Genética e sociedade
2018/II	Genética: das ervilhas ao genoma humano - Contribuições para uma revisão histórica e abordagens pedagógicas.	Resenha	UERJ	Prof. Ens. Superior	Nova ferramenta
2018/II	O gene TP53 e o câncer	Um gene	UFG	Pós-graduando	Herança multifatorial
2019/I	Epigenética: conceito, mecanismos e impacto em doenças humanas	Conceitos em genética	USP	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2019/I	Medicina Regenerativa e Engenharia de Tecidos	Genética e sociedade	USP	Pós-graduando	Genética e sociedade
2019/I	Aconselhamento genético: será que eu preciso?	Genética e sociedade	USP	Prof. Ens. Superior	Genética e sociedade

2019/I	Cariogame: inovação tecnológica para o estudo de alterações cromossômicas numéricas e estruturais	Materiais didáticos	UFAM	Prof. Ens. Superior	Nova ferramenta
2019/I	DNA Criminoso - Show de Horrores	Resenha	UTFPR	Graduando	Herança monogênica
2019/I	Aquaporina 1: o primeiro gene codificador de um canal de água identificado em humanos	Um gene	USP	Pós-graduando	Herança monogênica
2019/I	Gene COMT e sua possível relação com a esquizofrenia	Um gene	FAMAZ	Prof. Ens. Superior	Herança multifatorial
2019/II	A reação de cadeia da polimerase (PCR)	conceitos	USP	Pós-graduando	Novos conhecimentos
2019/II	Criança também tem câncer?	Genética e sociedade	USP	Pós-graduando	Genética e sociedade
2019/II	Uma história de heredograma em Cem Anos de Solidão	Materiais didáticos	UERJ	Prof. Ens. Médio	Nova ferramenta
2019/II	O Novo Papel do Pai: a ciência desvenda o impacto da paternidade no desenvolvimento dos filhos	Resenha	UFMS -RS	Doutorando	Genética e sociedade
2019/II	O gene NEK1 e sua associação com a doença de Stephen Hawking	Um gene	UFG	Pós-graduando	Herança multifatorial
2020/I	Planeta Mutante ou análise comparativa do ser mutante da cultura pop à genética clínica	Genética e sociedade	UFRGS	Pós-graduando	Genética e sociedade
2020/I	A cor de pele em humanos: um caso de seleção natural e a contribuição da genética no debate sobre raças no século XXI	Genética e sociedade	Colégio Giordano Bruno -SP	Prof. Ensino Médio	Herança multifatorial
2020/I	Inteligência e deficiência intelectual: bases genéticas e fatores ambientais.	Genética e sociedade	USP	Pós-graduando	Herança multifatorial
2020/I	AGPAT2: um gene, uma lipodistrofia	Um gene	UFRN	Graduando	Herança monogênica
2020/I	O gene PHACTR1 e a susceptibilidade à doença arterial coronariana	Um gene	UFG	Pós-graduando	Herança multifatorial

2020/I	O gene C4 e a susceptibilidade a esquizofrenia: um contexto baseado na obra “Uma Mente Brilhante”	Um gene	UFG	Pós-graduando	Herança multifatorial
2020/II	Conectando telômeros e o envelhecimento: é possível viver para sempre?	Conceitos em genética	UNESP	Pós-graduando	Herança multifatorial
2020/II	Estratégia de sensibilização para o ensino de genética: o racismo como contexto	Na sala de aula	UFJF - MG	Prof. Ensino Médio	Genética e sociedade
2020/II	Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação	Materiais didáticos	Colégio Pedro II Caxias - RJ	Prof. Ensino Médio	Genética e sociedade
2020/II	Biologia 2020 – Guia sintético para atualização de professores	Resenha	USP	Prof. Ensino Superior	Genética e sociedade
2020/II	Gene DMD e a distrofia muscular de Duchenne	Um gene	UFG	Pós-Graduando	Herança monogênica
2020/II	Aire: o gene regulador da autoimunidade	Um gene	USP	Pós-Graduando	Herança monogênica
2021/I	Envelhecimento e danos no DNA	Conceitos em Genética	UFOP -MG	Prof. Ensino Superior	Herança multifatorial
2021/I	Agrotóxicos: um vilão para o DNA?	Genética e sociedade	UFG	Prof. Ensino Superior	Genética e sociedade
2021/I	Os genes do xeroderma pigmentoso e a sensibilidade ao sol	Genética e sociedade	NYU - EUA	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2021/I	Albinismo: raro, mas não invisível	Genética e sociedade	USP	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2021/I	Metodologias ativas sobre os aspectos moleculares do câncer	Na sala de aula	USP	Graduando	Nova ferramenta
2021/I	Desconstruindo o racismo sob o olhar da genética	Na sala de aula	PUC - MG	Prof. Ensino Superior	Genética e sociedade
2021/I	O efeito Angelina Jolie, um role playing para discutir genética humana e medicina personalizada no ensino médio	Na sala de aula	Colégio Pedro II Caxias - RJ	Prof. Ensino Superior	Genética e sociedade

2021/I	O gene CFTR e sua associação com o desenvolvimento da Fibrose Cística	Um gene	UFG	Pós-Graduando	Herança monogênica
2021/I	O gene GJB2: da audição ao silêncio	Um gene	USP	Pós-Graduando	Herança monogênica
2021/II	As dificuldades em se definir a materialidade do gene em uma ciência em transformação.	Conceitos em genética	UnB	Prof. Ensino Superior	Novos conhecimentos
2021/II	Superando obstáculos: a síntese de DNA Translesão	Conceitos em genética	USP	Pós-Graduando	Novos conhecimentos
2021/II	Revisitando o Dogma Central: a relação entre os genes e proteínas	Conceitos em genética	USP	Pós-Graduando	Novos conhecimentos
2021/II	Um novo uso do DNA na resolução de crimes: predição de características morfológicas de suspeitos.	Genética e sociedade	USP	Pós-Graduando	Genética e sociedade
2021/II	Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa.	Materiais didáticos	UFG	Pós-Graduando	Nova ferramenta
2021/II	A construção de heredograma através de um quadro didático adaptado para estudantes com deficiência visual.	Materiais didáticos	IFPI	Graduando	Nova ferramenta
2021/II	Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade.	Resenhas	USP	Pós-Graduando	Nova ferramenta
2021/II	Crescer ou não crescer? O gene TOR responde.	Um gene	UNICAMP	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2021/II	O gene CCR5 e a mutação que confere proteção contra o vírus HIV.	Um gene	USP	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2021/II	Genes de sobrevivência do neurônio motor e a atrofia muscular espinhal 5q.	Um gene	UFG	Graduando	Herança monogênica
2021/II	O gene ACE2 e suas múltiplas funções na COVID-19.	Um gene	UNICAMP	Prof. Ensino Superior	Herança monogênica
2021/II	O jogo dos códons	Materiais didáticos	IFRS	Prof. Ensino Superior	Nova ferramenta

APÊNDICE B

ARTIGO PUBLICADO NOS ANAIS DO CONGRESSO MOVIMENTOS DOCENTES IV
SEPAD e II PRATIC

**RECURSOS PARA ALÉM DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE GENÉTICA
HUMANA NO ENSINO MÉDIO**

Ailla de Oliveira Motta⁶⁵; Maria de Nazaré Klautau Guimarães⁶⁶;

RESUMO

Diante da importância do ensino de genética humana para o despertar científico do estudante, desenvolvimento intelectual e formação do cidadão, devemos nos certificar que esse processo de ensino-aprendizagem esteja sendo realizado com os materiais didáticos adequados e atualizados, bem como a correta transposição didática para a sala de aula. A partir disso, este trabalho se propõe a realizar uma pesquisa quali-quantitativa que visa fazer um levantamento dos materiais didáticos que abordam a Genética Humana, publicados em revista especializada da área. Os resultados obtidos mostram uma diversidade de artigos e propostas que servem como recurso didático-pedagógico ao ensino da genética humana no Ensino Médio.

Palavras-chave: Genética humana, ensino médio, livro didático.

INTRODUÇÃO

O ensino atual da genética apresenta um forte componente da visão do determinismo biológico e da visão positivista e ingênua da ciência. As generalizações do ensino embasado apenas nas Leis de Mendel e no padrão monogênico de herança limitam e simplificam a visão sobre os processos de hereditariedade humana, uma vez que não abordam a diversidade e complexidade de fatores que interagem na expressão de características humanas (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007; KLAUTAU-GUIMARÃES; PAIVA; OLIVEIRA, 2014; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018)

Após a revisão bibliográfica, foi possível compilar os principais desafios e dificuldades abordados na literatura acerca do conteúdo de genética humana abordado nos livros didáticos do Ensino Médio. Alguns autores fazem análises do conteúdo apresentado nos livros didáticos e apontam a transposição didática do conhecimento acadêmico aliada à falta de atualização do material como principal causa para os erros, equívocos e simplificações que reforçam a visão positivista e ingênua da genética, como também, corroboram com a ideia do determinismo genético (BAIOTTO; LORETO, 2018; CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007).

Ademais, outros autores apontam o tempo limitado de aula, as generalizações, a falta de contextualização, a ausência da influência do ambiente na expressão das características humanas e a escolha de exemplos inadequados como desafios atuais no processo de ensino dessa temática (KLAUTAU-GUIMARÃES; PAIVA; OLIVEIRA, 2014; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para amparar a educação básica da rede pública de ensino, foi implementado o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) com a intenção de distribuir livros didáticos para alunos e professores de todo o país. Os livros didáticos são submetidos a critérios avaliativos previamente estabelecidos para que possam integrar o catálogo do PNLEM e serem selecionados com efetiva participação dos professores (BRASIL, 2004).

Segundo Prochazka e Franzolin (2018), o livro didático, ainda hoje, é o recurso mais utilizado nas escolas e muitas vezes, representa a única fonte de consulta e material em sala de aula. Ademais, os professores utilizam esse material para planejar, organizar e executar suas sequências didáticas, o que lhe confere um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem, mas que deve valer-se com muita precaução e cautela, e em conjunto com outras fontes de recurso para suprir a necessidade de atualização acerca da produção de conhecimento científico e tecnológico e eventuais lacunas, incorreções, equívocos e descontextualizações presentes acerca do conteúdo de genética humana.

De acordo com as análises realizadas por Prochazka e Franzolin (2018) nos livros didáticos do PNLD, a genética humana é pouco trabalhada dentro do tema da

genética e há a necessidade de atualização dos conteúdos, pois apresenta inadequações em relação ao conhecimento científico atual.

Atualmente, os exemplos selecionados para o ensino da genética humana nos livros didáticos são de características exclusivamente monogênicas e com mecanismo de dominância e recessividade. Esse modelo encontra-se desatualizado para o ensino de genética humana, uma vez que a maioria das características humanas são complexas e multifatoriais, onde não é possível observar uma relação direta entre genótipo e fenótipo. O ensino baseado exclusivamente no modelo monogênico tradicional para a maioria das características pode propiciar uma visão determinista, positivista e ingênua da ciência. (CAMARGO; INFANTE MALACHIAS, 2007; PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018; BAIOTTO; LORETO, 2018).

A transposição didática, instrumento através do qual transforma-se o conhecimento científico e acadêmico em conhecimento escolar, gera diversos problemas nos livros didáticos atuais acerca do conteúdo de genética humana, como: demasiadas simplificações, generalizações, desvios e erros conceituais, divergências com os livros de referência e redução do conteúdo conceitual científico. O ensino de genética humana utilizando-se desse material gera inconsistência no desenvolvimento da aprendizagem, cria obstáculos durante o processo de ensino, além de descredibilizar o conhecimento científico diante das inadequações e incoerências verificadas (BAIOTTO; LORETO, 2018).

Apresentar exemplos de características humanas em concordância com os conhecimentos científicos ampliam a visão sobre a herança para além do genocentrismo e permite entender a extensão da variação fenotípica, além de apresentar a diversidade de fatores envolvidos na relação genótipo e fenótipo. Expor e debater características humanas em conjunto com a descrição correta de seu padrão de herança, relatando as influências ambientais que estão correlacionadas, propicia o ensino de uma genética menos determinista, permite a compreensão da expressão de fenótipos complexos e evita o descrédito da informação científica (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018).

METODOLOGIA - DESENVOLVIMENTO

A pesquisa sobre as publicações de recursos didáticos foi realizada por meio um levantamento bibliográfico na revista *Genética na Escola*, com o objetivo de selecionar artigos que abordam o conteúdo de genética humana, como material de apoio para a abordagem da temática.

A revista *Genética na Escola* (GnE) é um periódico vinculado à Sociedade Brasileira de Genética, com publicação on-line, o que permite livre acesso a todo público interessado, no site www.geneticanaescola.com. Desde o início, em 2006, a GnE apresenta publicações de artigos que difundem experiências educacionais nos níveis de educação básica e superior, se consolidando como referência na área.

A GnE é organizada em sete seções - Conceitos de Genética; Genética e Sociedade; Um Gene; Investigação em Ensino de Genética; Na Sala de Aula; Materiais Didáticos e Resenha - cada artigo é publicado em uma dessas seções de acordo com a proposta e objeto de estudo abordado.

O levantamento bibliográfico foi realizado com a seleção dos artigos a partir da análise dos títulos, palavras-chaves e resumos, quando estes apresentaram o tema da genética humana. Com o objetivo de atender ao critério de atualidade, a seleção dos artigos foi realizada nas edições publicadas no período de 2015 a 2021, totalizando 15 edições. Dos artigos selecionados foi realizado um registro sobre a classificação conforme seções da revista, as instituições com maior número de publicação por regiões brasileiras, autores e as categorias de acordo com o conteúdo abordado.

A autoria dos artigos foi classificada em cinco grupos: Professor do Ensino Superior, Professor do Ensino Médio, Pós-graduando, Graduando e Estudante do Ensino Médio. As categorias organizam os artigos de acordo com os conceitos e conhecimentos genéticos abordados e a sua aplicabilidade enquanto novas ferramentas para o ensino de genética humana, permitindo ao professor uma busca direcionada de acordo com os seus objetivos (Quadro 1).

Quadro 1. Categorias de classificação de acordo com os conceitos, conhecimentos e aplicabilidade dos artigos analisados.

Categorias	Conceitos, conhecimentos e aplicabilidade
Novos conhecimentos	Abordam revisão de temas e/ou conceitos novos da Genética e biotecnologia.
Herança monogênica	Características e doenças com esse padrão de herança genética.
Novas ferramentas para o processo de ensino	Novas formas e instrumentos para auxiliar o processo de ensino da genética humana.
Genética e sociedade	Os temas abordados estão diretamente ligados ao cotidiano da sociedade.
Herança uniparental	Abordam a variação e transmissão do DNA mitocondrial ao longo das gerações.
Herança multifatorial	Características e doenças com esse padrão de herança genética.

Fonte: Elaborado pelos autores

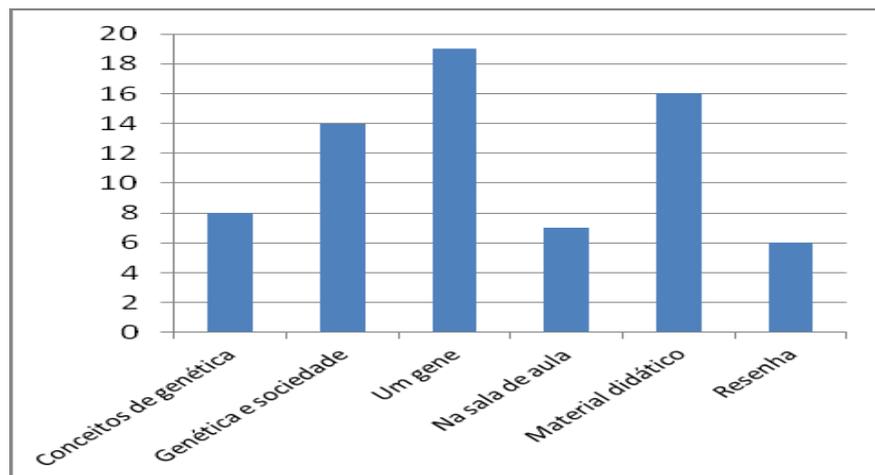
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As edições selecionadas somam um quantitativo de 177 artigos divididos nas sete seções da revista. Deste total, 70 artigos abordam alguma temática de genética humana, isto representa pouco mais de 39% do total. Os dados obtidos com a seleção dos artigos estão organizados de acordo com: edição, seção da revista, instituição, autor e a categoria de acordo com o conteúdo abordado.

O número de publicações de artigos de genética humana na GnE teve um aumento significativo a partir de sua segunda edição de 2018. Nas edições anteriores, a média de publicações era de 3 artigos por edição, e, a partir do segundo semestre de 2018, a média subiu para 7 artigos por edição. Esse fato representa um avanço para o processo de ensino e divulgação da genética humana na sociedade.

O maior número de publicações está na seção ***Um gene***, que é caracterizada por abordar informações científicas específicas sobre um determinado gene, com sua estrutura e variações, em uma linguagem simples, que permite a atualização e utilização pelos professores em seu processo de ensino (Figura 1). A seção *Investigações em Ensino de Genética* não contemplou publicações com a temática da genética humana durante o período analisado.

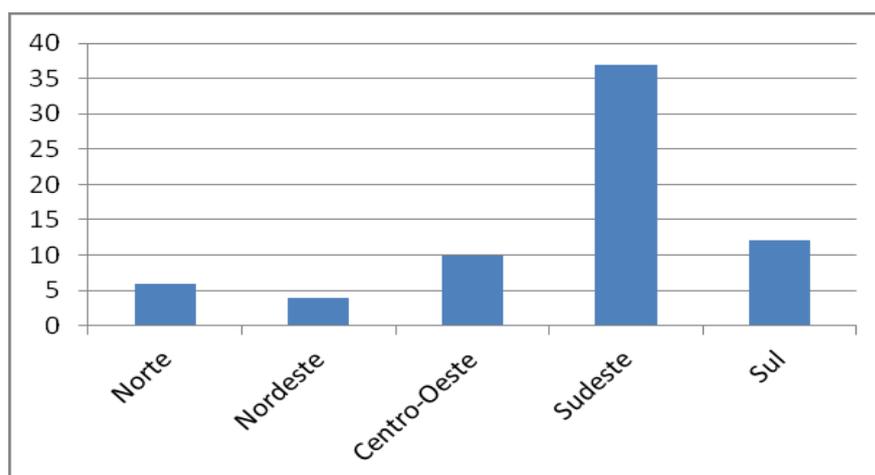
Figura 1. Artigos de genética humana publicados por seção, no período de 2015 a 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores

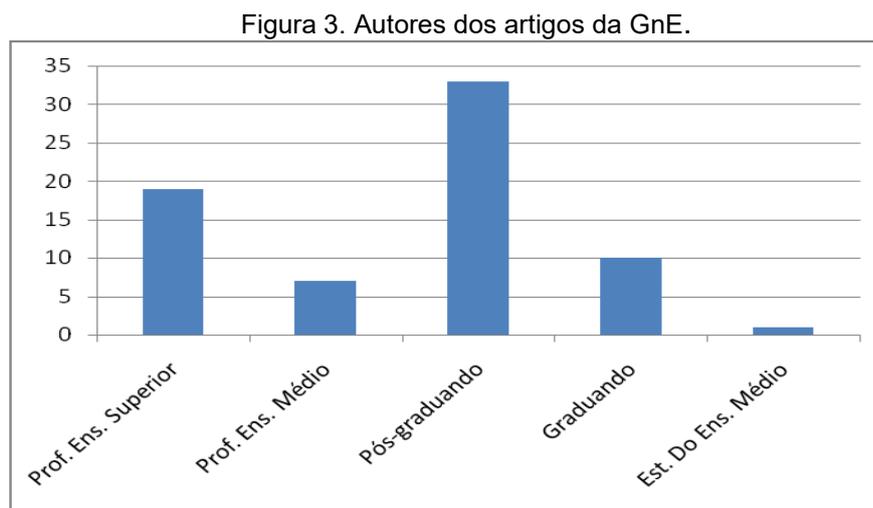
Em relação às instituições envolvidas na publicação e sua localização regional, os dados estão apresentados na Figura 2. As instituições de ensino com maior número de publicações por região são: Universidade Federal do Pará com 2 publicações (Norte); Universidade Federal de Paraíba, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Ceará e Instituto Federal do Piauí com 1 publicação cada instituição (Nordeste); Universidade Federal do Goiás com oito 8 publicações (Centro-Oeste); Universidade de São Paulo com 19 publicações (Sudeste) e Universidade Federal de Santa Maria com 5 publicações (Sul).

Figura 2. Publicação por Instituição de acordo com as regiões brasileiras



Fonte: Elaborado pelos autores

Os artigos selecionados apresentam como primeiro autor, estudantes de cursos de pós-graduação, que representam 47% do total. Esse fato, ressalta a importância do envolvimento desses estudantes com a problemática do ensino, como também, o compromisso do periódico com o conhecimento científico atualizado, pois os artigos são provenientes de grupos de pesquisas das instituições de Ensino Superior (Figura 3).



Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados obtidos ao classificar os artigos de genética humana nas categorias descritas podem ser observados na Figura 4.

Os artigos classificados na categoria de **Novos conhecimentos** abordam a epigenética e a sua influência sobre a expressão do genoma, há também artigos que tratam de inovações em técnicas biotecnológicas, como a reação em cadeia da polimerase (PCR).

A categoria **Herança monogênica** representa a maior número de publicações na área de genética humana. Esse padrão de herança é amplamente abordado em livros didáticos, e portanto, os artigos podem auxiliar no processo de atualização do professor e servir para minimizar as inadequações dos livros didáticos citadas por BAIOTTO & LORETO, 2018, uma vez que apresentam concepções atuais para explicar a variação do fenótipo observado.

A categoria **Novas ferramentas para o processo de ensino** apresenta materiais inéditos para auxiliar a aprendizagem como: vídeos, games virtuais e jogos

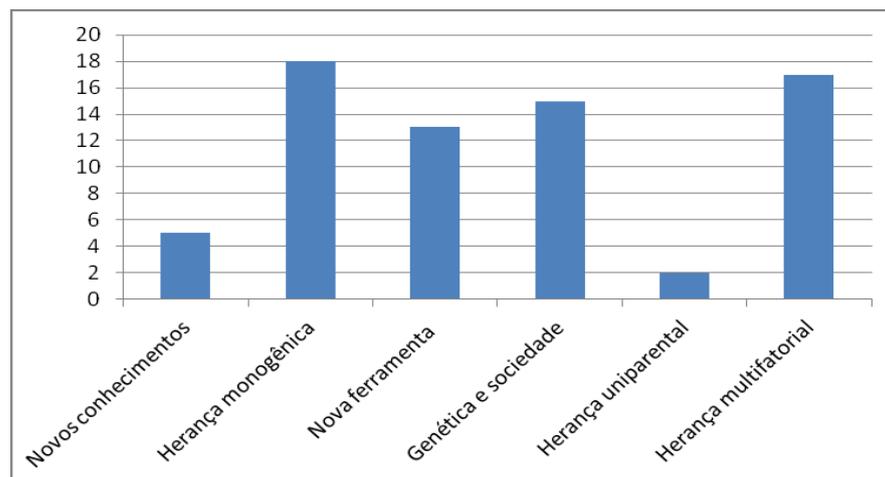
investigativos, como também, fazem sugestões de outros materiais como comerciais, materiais pedagógicos concretos e outros encontrados no ambiente virtual. Quanto à aplicabilidade ao Ensino Médio, os materiais poder sofrer adaptações e a profundidade com que os conceitos e conhecimentos são abordados poderão estar de acordo com as estratégias de ensino do professor.

A categoria **Genética e sociedade** é composta por artigos que abordam questões de grande repercussão e preocupação na saúde pública, que muitas vezes, a sociedade não relaciona com a genética humana. Os artigos abordam temas como vacina, paternidade, transfusão sanguínea, câncer, racismo e efeitos dos agrotóxico no material genético. Assim, são temas do contexto da sociedade contemporânea.

A **herança uniparental** advem do fato do DNA mitocondrial (mtDNA) ser herdado apenas da linhagem de ancestrais femininos, que torna esse padrão de herança distinto do processo de herança do DNA nuclear, que é biparental. Os artigos abordam a variação, a análise na descendência, os aspectos evolutivos e doenças. Esse tema raramente é abordado nos livros didáticos.

Os artigos da categoria de **Herança multifatorial** abordam a complexidade da expressão da maioria das características humanas, principalmente quanto à influência dos fatores ambientais na variação fenotípica. É interessante notar que, alguns dos artigos trazem exemplos de características normais como, a variação na cor da pele, o processo do envelhecimento e a variação das impressões digitais. Algumas das doenças complexas abordadas são: diabetes, alcoolismo, esquizofrenia e doenças coronarianas. Logo, esse material é excelente fonte de consulta, atualização e material auxiliar para o processo de ensino, uma vez que esta temática é pouco abordada nos livros didáticos do Ensino Médio, e quando abordada, apresentam erros conceituais e inadequações na descrição dos fenótipos (BAIOTTO; LORETO, 2018. PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018;).

Figura 4. Categorias dos artigos de genética humana de acordo com os conceitos, conhecimentos e aplicabilidade enquanto nova ferramenta.



Fonte: Elaborado pelos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada apresenta para os professores uma fonte de busca específica da área de genética humana, com uma linguagem acessível, tornando-se uma ferramenta poderosa ao enfrentamento das diversas dificuldades relatadas na literatura. Os docentes têm em mãos uma fonte contextualizada para atualizar o conhecimento, permitindo uma transposição didática com exemplos corretos e coerentes com os conceitos e a descrição de fenótipo, genótipo e padrão de herança.

Os artigos de genética humana da revista *Genética na Escola* são importantes fontes de ferramentas pedagógicas diversificadas para serem aplicadas em sala de aula, cobrindo as lacunas deixadas pelos livros didáticos. Ou seja, é possível ir além do livro didático para o planejamento didático-pedagógico do professor e não utilizar mais os exemplos considerados por McDonald (2011) em seu artigo —Myths of Human GeneticsII.

O processo de aprendizagem da genética humana torna-se mais significativo e estimulante quando o estudante faz parte do contexto de estudo. Portanto, a temática deve ser devidamente contextualizada e trabalhada para despertar o fazer científico dos estudantes e permitir a apropriação de novos conhecimentos e habilidades. Um material atualizado, contextualizado, com linguagem acessível e de fácil obtenção torna-se um aliado de todo esse processo. Assim, a revista *Genética na Escola* apresenta-se como um recurso para além do livro didático para o ensino de genética humana, no Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

BAIOTTO, C.R., LORETO, E. L. S. Caracteres humanos herdados utilizados no ensino de genética em livros didáticos. **Acta. Scientiae**, v. 20, n. 4, p. 593-609, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio** – PNLEM, 2004.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS. M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.

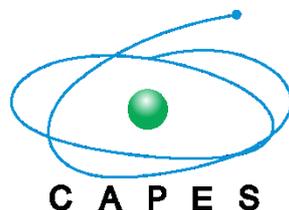
KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; PAIVA, S. G.; OLIVEIRA, S.F. Herança monogênica: além de Mendel, além do DNA. **Genética na Escola**, v.9, n. 2, p.80-85, 2014.

MCDONALD, J. H. Myths of human genetics. **Baltimore: Sparky House**, 2011.

PROCHAZKA, L. S.; FRANZOLIN, F. A Genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. **Ciência & Educação**, v. 24, n.1, p. 111- 124, 2018.

APÊNDICE C


Família sem Memória
Investigando a Relação de Parentesco



Agradecimento à Capes pelo financiamento desta pesquisa, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.



Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO



UnB

Universidade de Brasília

Ailla de Oliveira Motta

Disciplina	Biologia
Recurso didático	Jogo: Família sem Memória – Investigando a Relação de Parentesco
Público alvo	Ensino Médio
Conteúdo	Genética Humana
Duração:	4 aulas
Objetivo	Proporcionam um aprendizado atrativo, dinâmico e motivador, que permite aos estudantes mobilizar e inter-relacionar competências, habilidades, criatividade e senso crítico durante o processo de construção do conhecimento
Objetivo específico	Solucionar a relação de parentesco entre os membros da família a partir de dados de diversas características biológicas.

INSTRUÇÕES DO JOGO

ETAPA 1

1. O jogo foi elaborado para ser aplicado com a orientação do professor e fornece material de consulta a cerca de todas as características utilizadas;
2. A turma deve ser dividida em 4 grupos;
3. Cada grupo deve receber uma **Cartela Investigativa** para anotar o passo-a-passo das etapas do jogo;
4. O início do jogo deve ser com a leitura do texto que se refere ao assunto da semana nos jornais: **A família sem memória**;
5. Cada grupo de estudantes, com base em seus conhecimentos de genética humana, deve propor uma solução para desvendar o caso da família. A Solução proposta deve ser anotada na **Cartela Investigativa**, no campo designado como **Solução 1**;
6. Cada grupo deverá receber uma **Cartela de Informações Gerais** dos indivíduos da família, com dados sobre as características analisadas: as impressões digitais, o tipo sanguíneo, a capacidade de enrolar a língua e a cor dos olhos;
7. Em seguida, deverá ser sorteada uma característica para cada grupo. A partir dos dados da família para a característica sorteada, os estudantes deverão propor uma hipótese da relação de parentesco entre os indivíduos. A hipótese proposta deverá ser anotada na **Cartela Investigativa**, no campo designado como **Hipótese 1**;

8. A partir da **Hipótese 1** o professor mediará uma discussão a partir do levantamento de questões como:

- A característica analisada é suficiente para solucionar o problema?
- A característica analisada segue algum padrão de herança? Qual?
- Após a discussão, a hipótese levantada por cada grupo deverá ser anotada no quadro para que os alunos possam verificar os resultados encontrados pelos demais grupos e fazer relações com os seus resultados. O professor pode questionar os alunos: O conjunto das características analisadas por cada grupo permite estabelecer a relação de parentesco entre os indivíduos?
- Orientação ao professor: não é possível solucionar nenhum núcleo familiar.

9. Os grupos deverão receber um envelope com as **Cartelas de dados Individuais**, que contêm o cariótipo, o padrão da impressão digital dos polegares, os padrões de marcadores microssatélites (STR) e a imagem de cada indivíduo;

10. A partir dos dados contidos nas **Cartelas de dados Individuais**, o grupo deverá analisar o cariótipo de cada indivíduo a partir da comparação com a Cartela Padrão e preencher a **Cartela de Análise Genética dos Casais** e a **Cartela de Análise Genética das Crianças**.

- Os estudantes devem anotar no cariótipo se é normal, se há alteração e qual alteração foi detectada;

11. Posteriormente os alunos completarão os dados das cartelas de análise genética com as informações dos marcadores de microssatélites de cada indivíduo.

ETAPA 2

1. De posse de todos os dados e suas respectivas análises, cada grupo deverá fazer o teste da **Hipótese 1**.

- Sugere-se que as **Cartelas de dados Individuais** dos cônjuges sejam colocadas lado a lado para facilitar a análise de parentesco com seus possíveis filhos;

- Sugere-se que as **Cartela de Análise Genética dos Casais** e **Cartela de Análise Genética das Crianças** estejam lado a lado para facilitar a análise de parentesco com seus possíveis filhos;

2. Os dados que refutam o parentesco estabelecido na **Hipótese 1** devem ser anotados na **Cartela Investigativa** no campo designado **Evidências**;

3. A partir da análise e interpretação dos dados, os estudantes deverão confirmar ou refutar a **Hipótese 1**. Caso a Hipótese 1 seja refutada, nova hipótese de parentesco deve ser elaborada e devidamente anotada na **Cartela Investigativa** no campo designado **Hipótese 2**.

4. Os grupos deverão anotar quais características foram utilizadas para a elaboração e confirmação da hipótese 1 ou 2, e o porquê das demais características não serem utilizadas para desvendar a relação de parentesco.

5. Para a definição final de parentesco da família, haverá uma etapa colaborativa com a discussão dos dados da Hipótese 2 de cada grupo.

- Sugestão: Um grupo será sorteado para que sua **Hipótese** e os seus argumentos sejam apresentados e anotados no quadro. Desse modo os demais grupos poderão analisá-la com o objetivo de confirmar ou refutar a hipótese de parentesco proposta. Quando refutada, o grupo deverá apresentar as evidências que o levaram a essa conclusão;

- Essa etapa permitirá o compartilhamento entre os pares, e a discussão das evidências;

- Sugestão: Esse momento serve para rever, reforçar e expandir os conceitos já abordados em sala, e sanar qualquer dúvida que tenha surgido ao longo da aplicação do jogo;

- Sugestão: Finalizando o jogo, o professor apresentará notícias veiculadas na mídia para que os estudantes apliquem e discutam sobre os conhecimentos adquiridos durante o jogo. Há sugestões desse material na Cartela de consulta do Professor.

6. Como ferramenta avaliativa do processo de ensino e aprendizagem através do jogo proposto, o professor poderá sugerir uma roda de conversa para que os alunos exponham as suas opiniões e sugestões sobre a construção e aplicação do conhecimento acerca da atividade com abordagem do Ensino por Investigação.

Obs: o professor poderá fornecer auxílio aos grupos toda vez que for solicitado.

Obs.: haverá uma cartela de dicas que o professor poderá utilizá-la na **ETAPA 2** do jogo, conforme o desenvolvimento do jogo e a dificuldade apresentada pelos estudantes.

COMPONENTES DO JOGO

- Instruções gerais com etapas 1 e 2;
- 1 Texto base: A família sem memória
- 1 cartela com informações gerais sobre as impressões digitais, o tipo sanguíneo, a capacidade de enrolar a língua, e a cor dos olhos de todos os indivíduos separadamente por geração;
- 1 Cartela de Dicas;
- 1 Cartela investigativa1 (devem ser impressas 4 cópias frente e verso);
- 1 Cartela de Consulta do Professor;
- 1 Cartela de Análise Genética dos Casais;
- 1 Cartela de Análise Genética das Crianças;
- 1 Gabarito detalhado com as evidências;
- 1 Gabarito simplificado;
- 1 Cartela Padrões de cariótipo feminino e marcadores microssatélites;
- 1 Cartela Padrões de cariótipo masculino e impressões digitais;
- 19 cartelas com informações detalhadas de cariótipo e padrões de marcadores microssatélites (STR), com a foto de cada indivíduo e demais características fenotípicas;

CARTELA INVESTIGATIVA

Componentes do grupo: _____

Solução 1: _____

Hipótese 1:

Casal: _____
Filhos: _____

Evidências:

A FAMÍLIA SEM MEMÓRIA

E esse foi o caso que tomou conta dos noticiários internacionais: a família, que após um mal súbito passa por um lapso de memória, não se reconhece e gera caos na hora de retornar aos seus lares. Acompanhem o caso.



Os integrantes de uma família organizaram uma viagem para Marrocos com o intuito de conhecer o Deserto do Saara. De acordo com pacote fechado com a empresa de turismo, os 19 familiares fariam um tour pelo deserto durante 3 dias para conhecer e experimentar todas as emoções que esse passeio pode oferecer.

Tudo estava dentro do esperado, calor e frios intensos faziam parte do planejamento da família, entretanto eles não contavam que iriam se perder do guia e passar dois dias vagando no deserto. Ao serem encontrados, todos estavam desidratados e em estado de exaustão, quadro que levou ao episódio de amnésia global transitória.

A amnésia global transitória é caracterizada pela perda súbita de memória que neste caso pode ter sido ocasionada por exaustão física, desidratação, enxaquecas e trauma psicológico. Geralmente os episódios de amnésia têm duração máxima de 24h, mas

neste caso as pessoas ficaram 7 dias sem que suas memórias fossem retomadas.

O fato é que os familiares não se reconheciam e não conseguiam informar nada além de seus nomes. Ninguém sabia dizer quem era pai, filho e irmãos. Os patriarcas, Sr. Antônio e Sr. Zélia, foram capazes de informar apenas que tinham quatro filhos (dois homens e duas mulheres), e nove netos divididos em três núcleos familiares.

O delegado local foi chamado, e logo esclareceu alguns fatos: a partir das alianças dos indivíduos, determinou quem eram os cônjuges, veja: Rodrigo é casado com Helena, João é casado com Suzana, Ricardo é casado com Fernanda e Gael é casado com Sônia.

Não foi possível definir prontamente os núcleos familiares exatos, análises genéticas de fenótipos e genótipos tiveram que ser coletadas para conseguir solucionar o caso. Agora é sua vez!!! Monte sua equipe de estudantes de genética humana para esclarecer essa relação de parentesco.

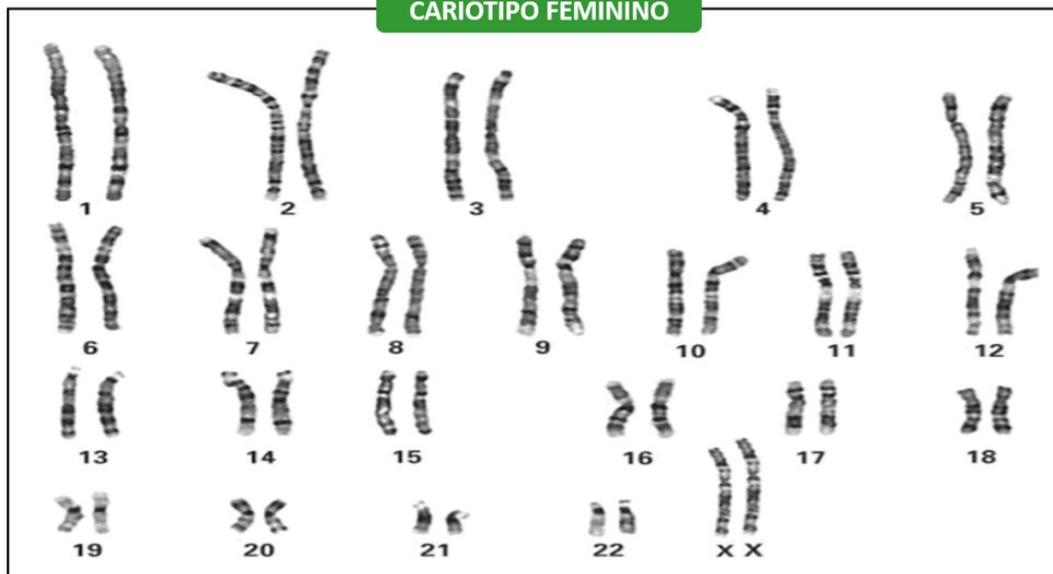
CARTELA DE INFORMAÇÕES GERAIS

Indivíduo	Impressão digital	Tipo sanguíneo Fator Rh			Enrolar a língua	Cor dos olhos
1ª Geração						
Zélia	Alça U	A	I ^A i	rr	Incapaz	Castanho
Antônio	Arco	B	I ^B i	RR	Capaz	Verde
2ª Geração						
Rodrigo	Arco	B+	I ^B i	Rr	capaz	Verde
Gael	Alça U	O-	i i	rr	Capaz	Castanho
Ricardo	Alça U	A+	I ^A i	Rr	Incapaz	Verde
João	Alça U	A+	I ^A i	RR	Incapaz	Azul
Fernanda	Alça angular	AB+	I ^A I ^B	Rr	Capaz	Azul
Helena	Espiral	A-	I ^A i	rr	Capaz	Verde
Suzana	Alça U	O+	i i	Rr	Incapaz	Castanho
Sônia	Arco	AB+	I ^A I ^B	Rr	Incapaz	Castanho
3ª Geração						
Eliel	Espiral	B+	I ^B I ^B	RR	Incapaz	Azul
Pedro	Espiral	B+	I ^B i	Rr	Incapaz	Azul
Felipe	Espiral	O+	i i	Rr	Incapaz	Castanho
Cássia	Arco	A-	I ^A i	rr	Incapaz	Verde
Flávia	Alça U	O+	i i	RR	Incapaz	Castanho
Isadora	Arco	AB-	I ^A I ^B	rr	Incapaz	Castanho
Luana	Alça U	B+	I ^B i	Rr	Capaz	Verde
Joana	Alça U	O+	i i	RR	Capaz	Castanho
Renata	Alça U	B-	I ^B i	rr	Capaz	Verde

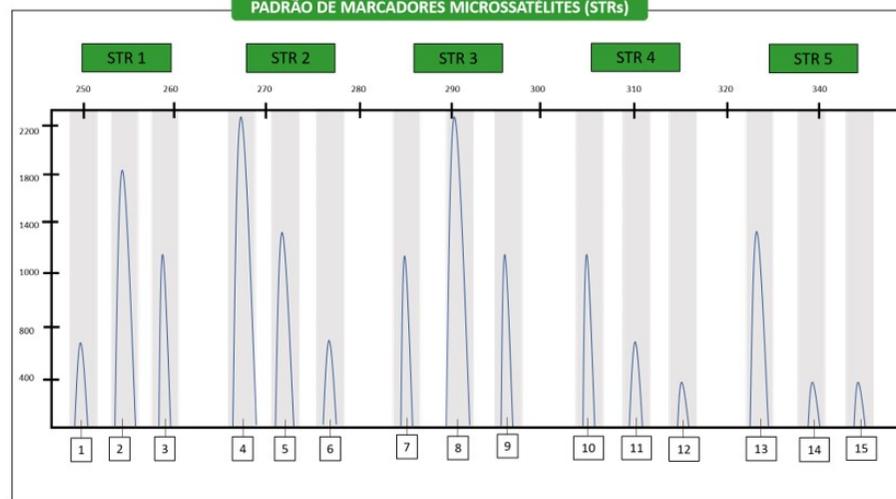
CARTELA PADRÃO CARIÓTIPO FEMININO E MARCADORES MICROSSATÉLITES

PADRÕES DE CARIÓTIPO FEMININO E MARCADORES MICROSSATÉLITES

CARIÓTIPO FEMININO



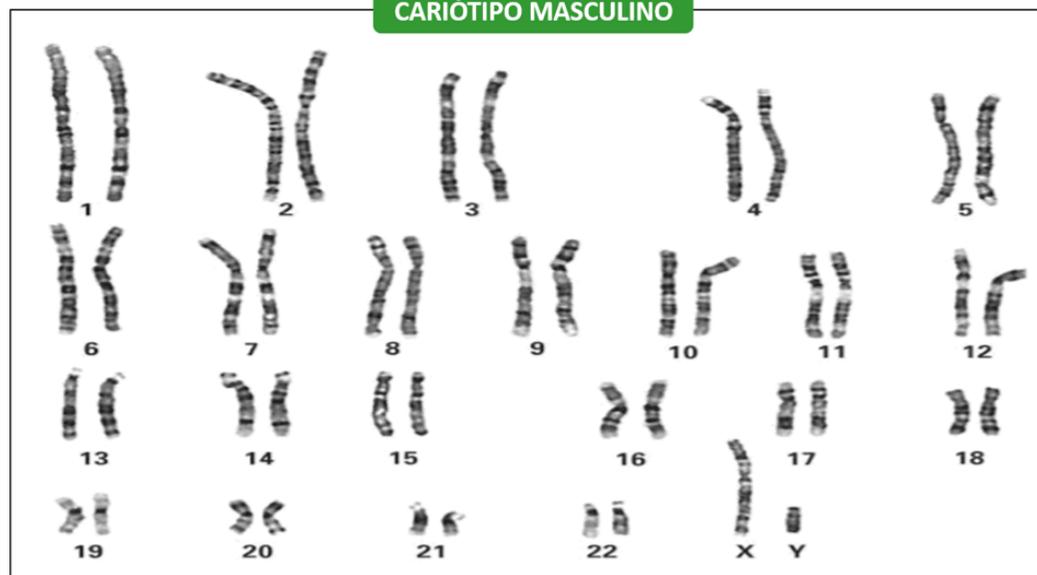
PADRÃO DE MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



CARTELA PADRÃO CARIÓTIPO MASCULINO E IMPRESSÕES DIGITAIS

PADRÕES DE CARIÓTIPO MASCULINO E IMPRESSÕES DIGITAIS

CARIÓTIPO MASCULINO



IMPRESSÃO DIGITAL

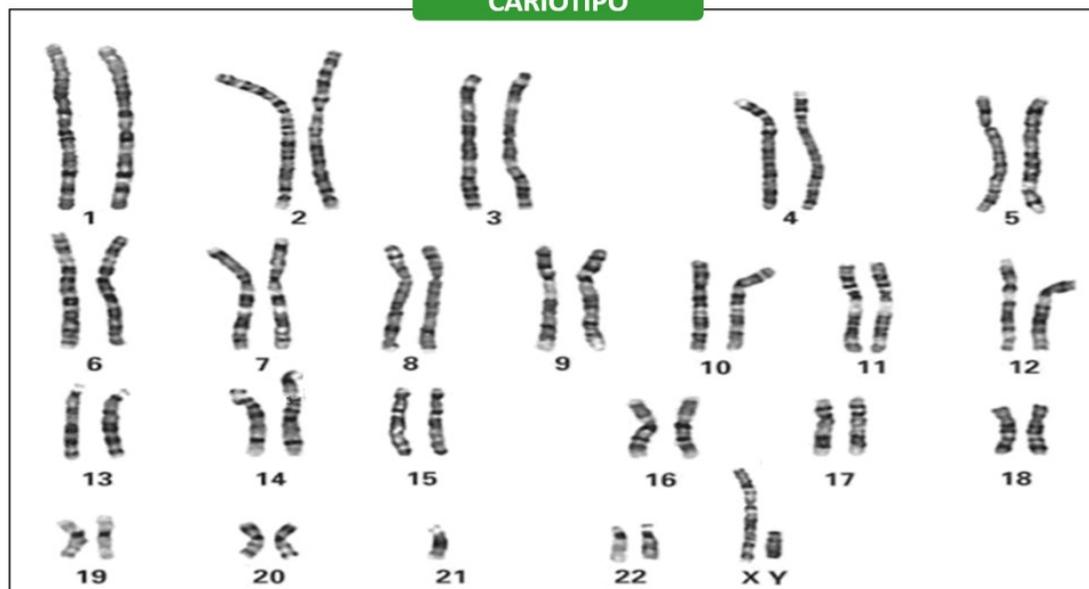


Cartela de dados Individual

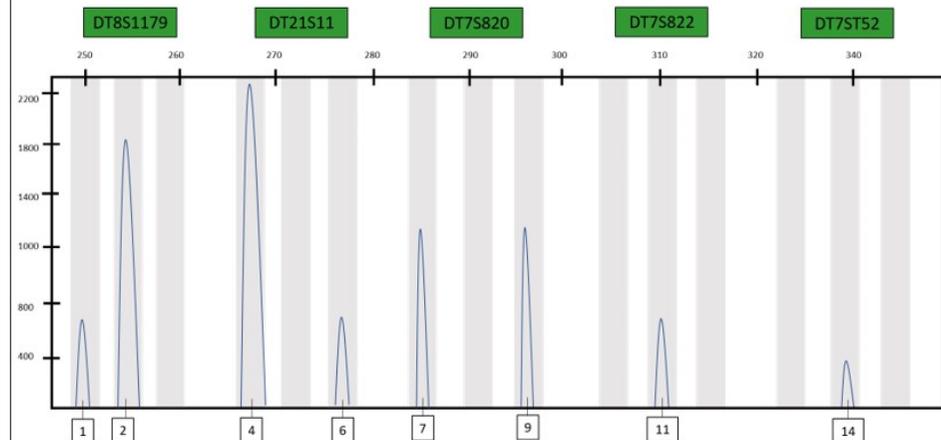
ANTÔNIO



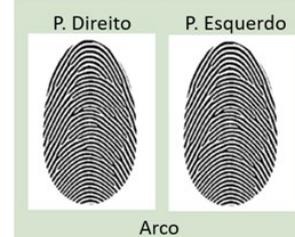
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	B+
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Capaz

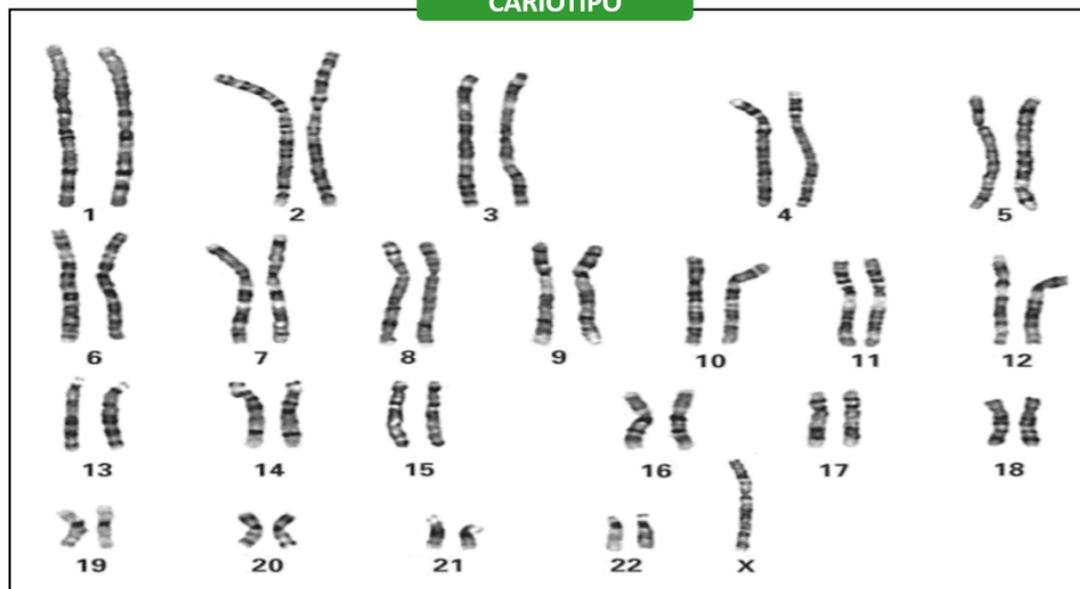


Cartela de dados Individual

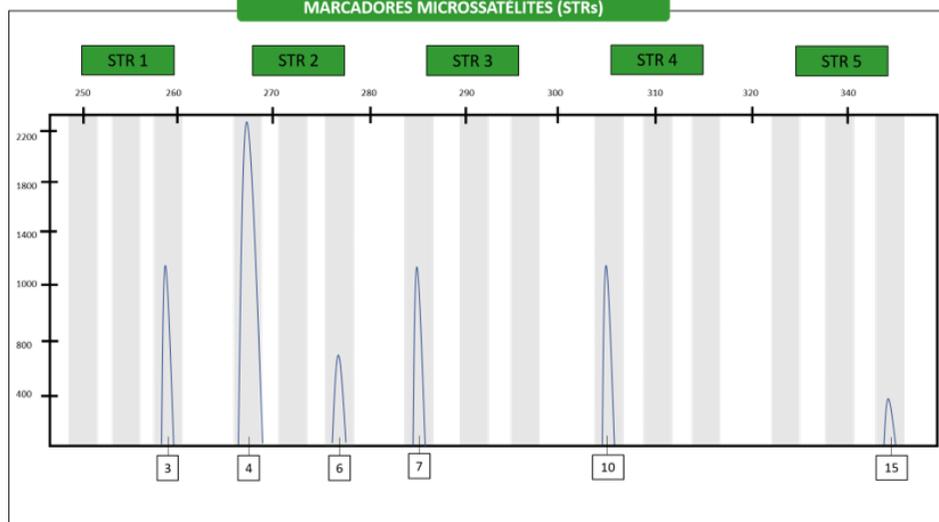
CÁSSIA



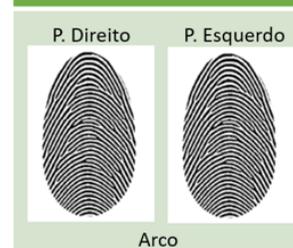
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	A-
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Incapaz

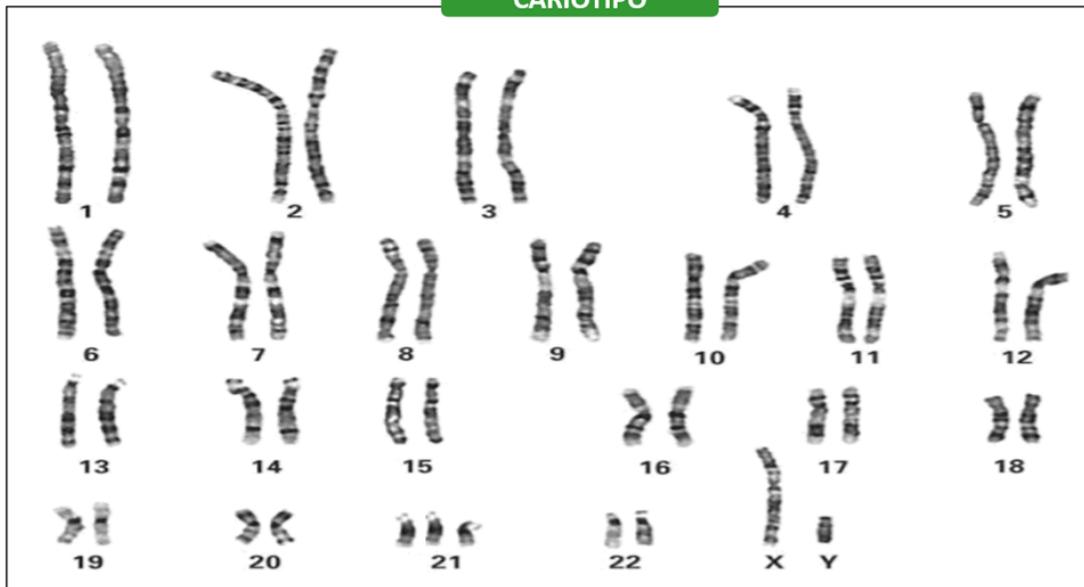


Cartela de dados Individual

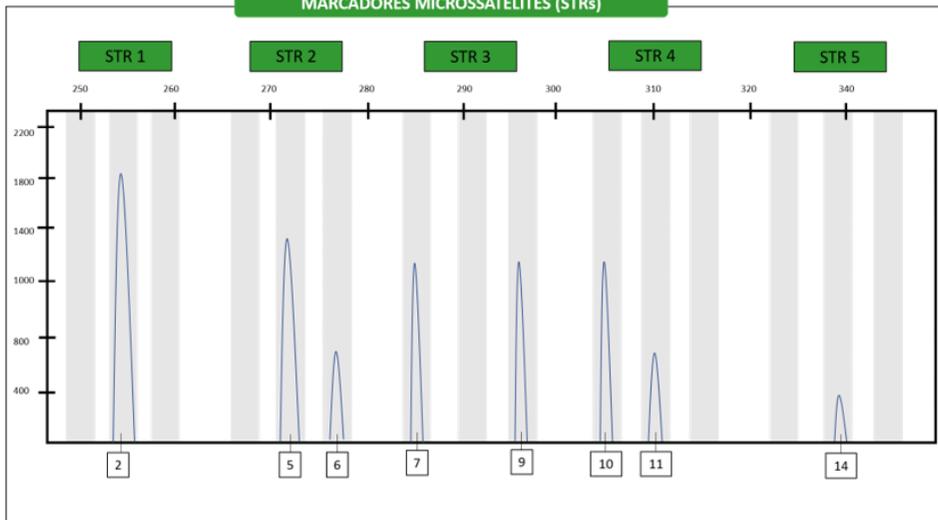
ELIEL



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	B+
Cor dos olhos	Azul
Enrolar da língua	Incapaz

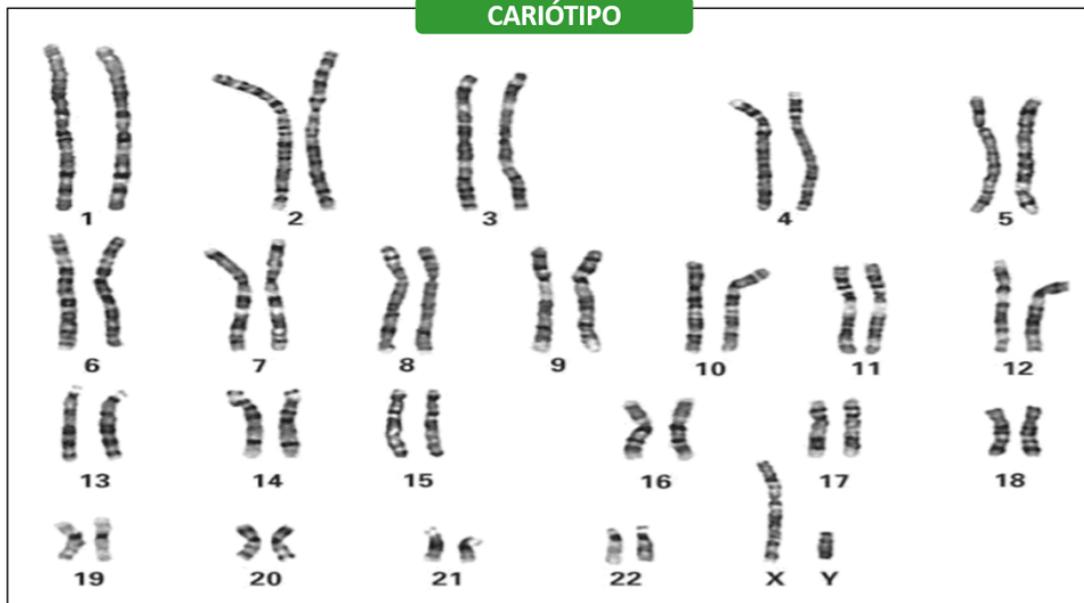


Cartela de dados Individual

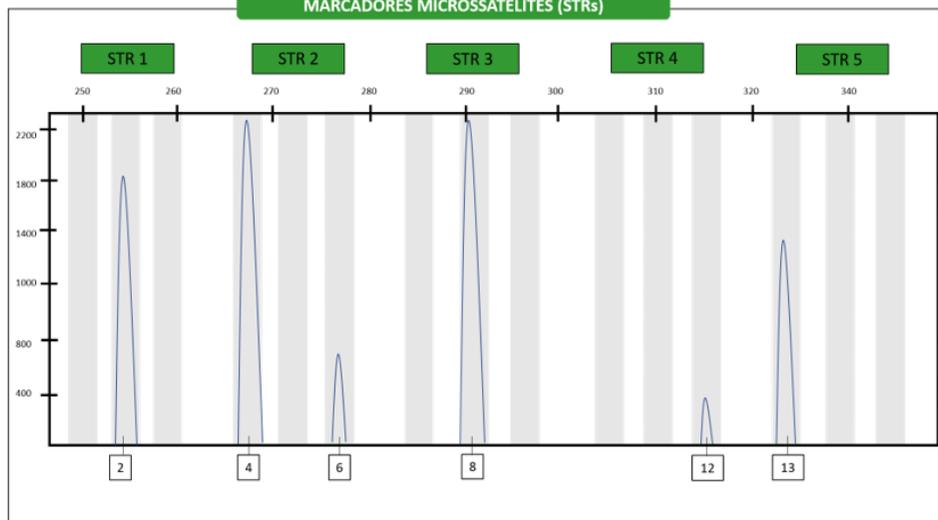
FELIPE



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	O+
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Incapaz

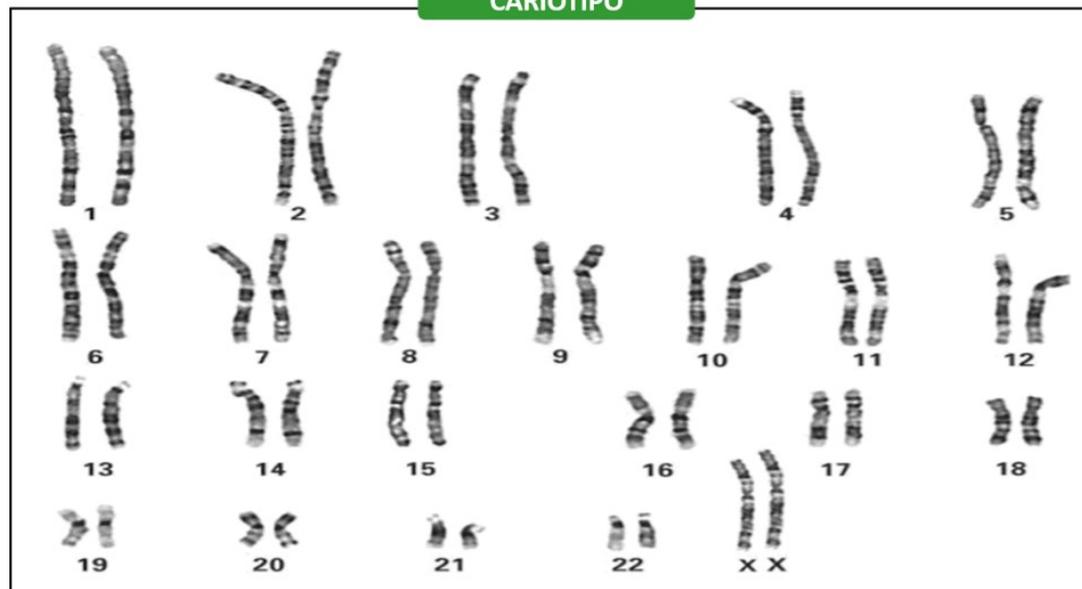


Cartela de dados Individual

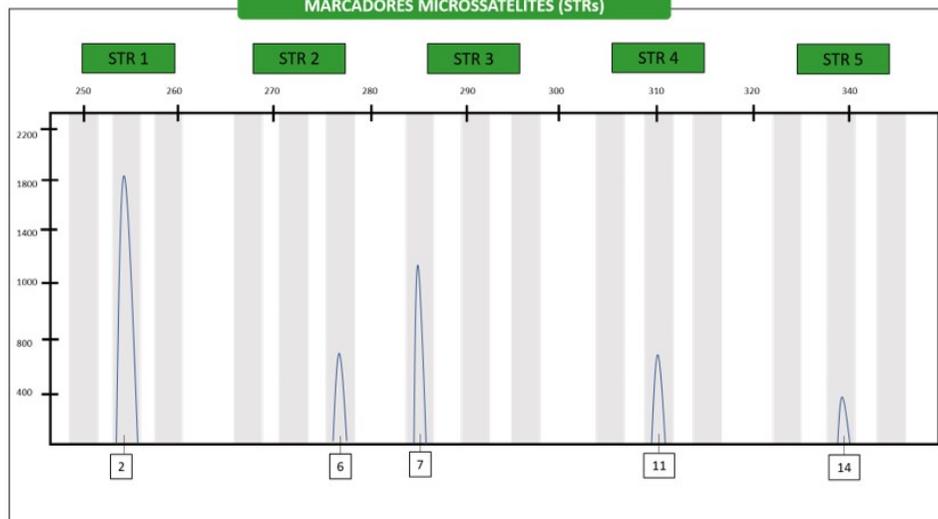
FERNANDA



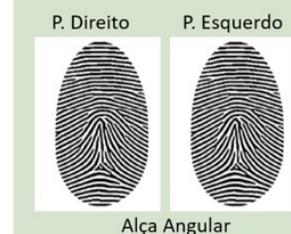
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	AB+
Cor dos olhos	Azul
Enrolar da língua	Capaz

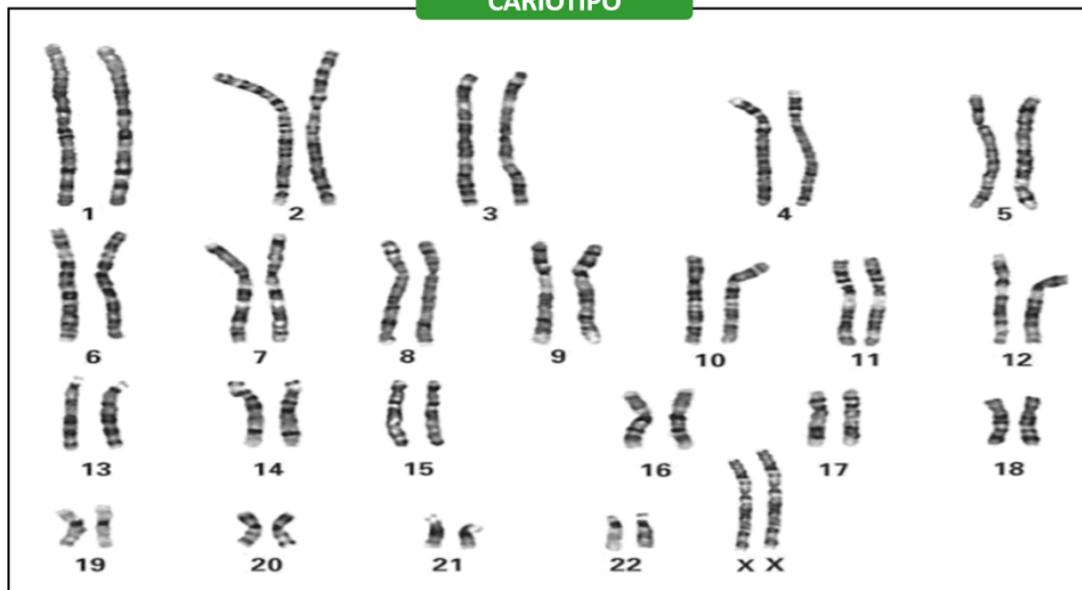


Cartela de dados Individual

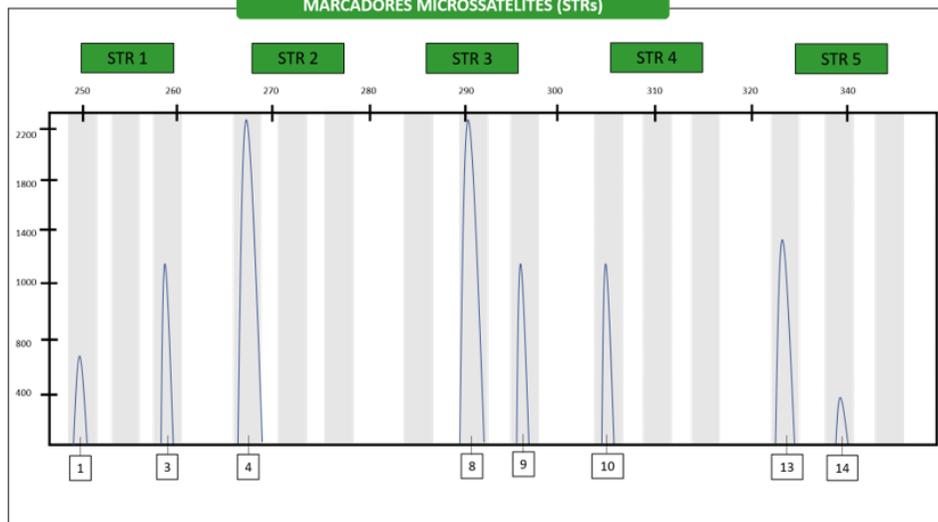
FLÁVIA



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	O+
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Não

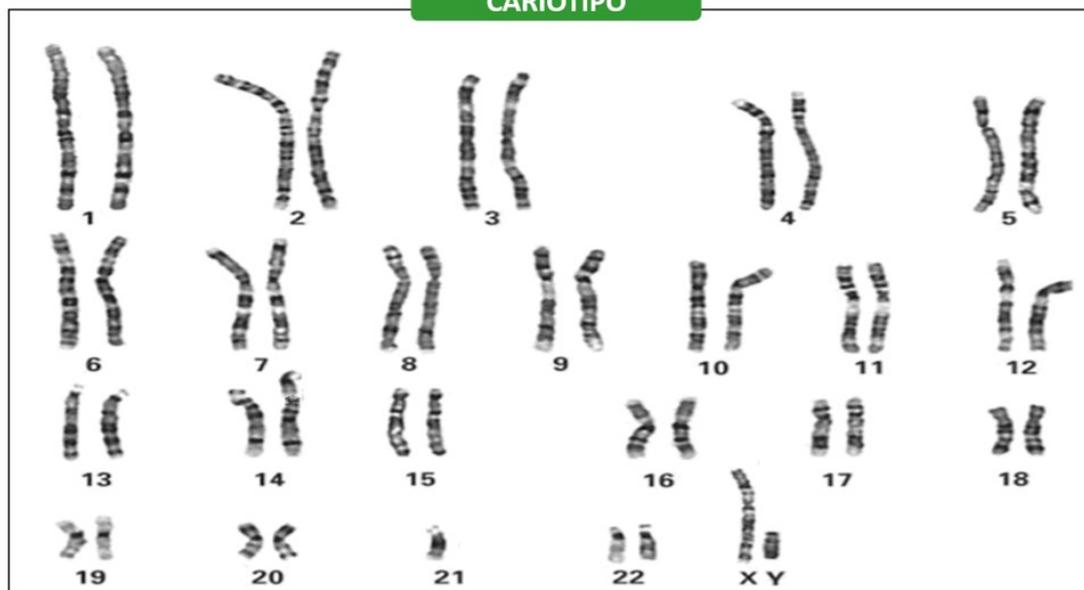


Cartela de dados Individual

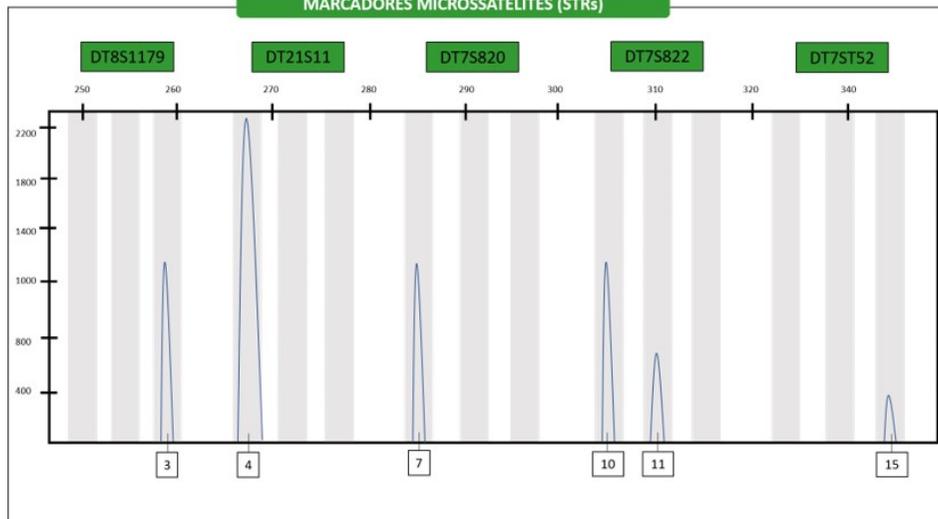
GAEL



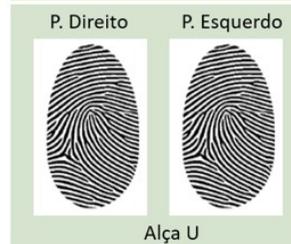
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	O-
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Capaz

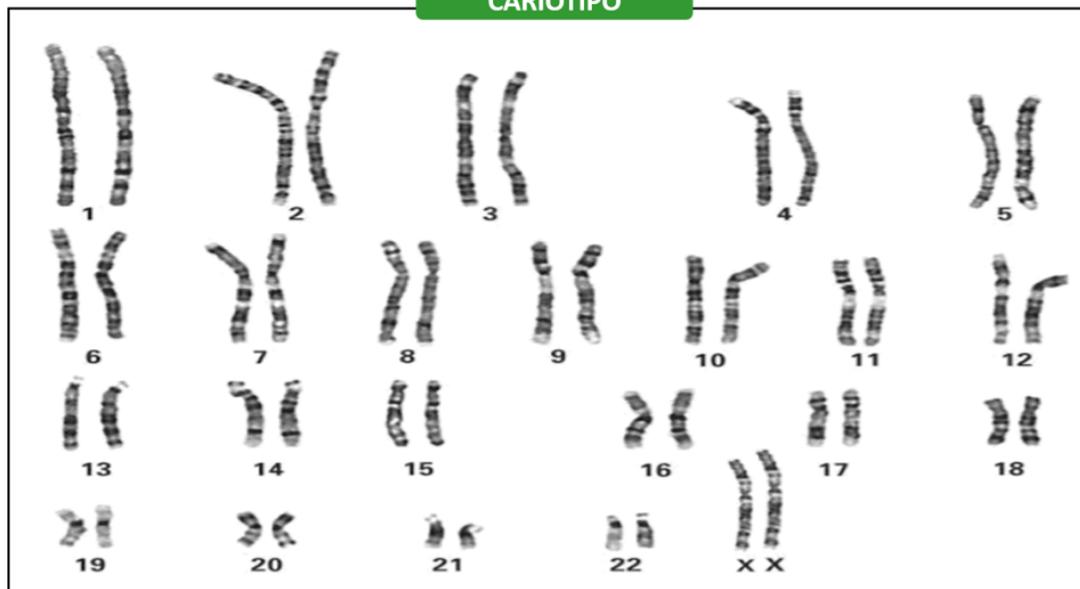


Cartela de dados Individual

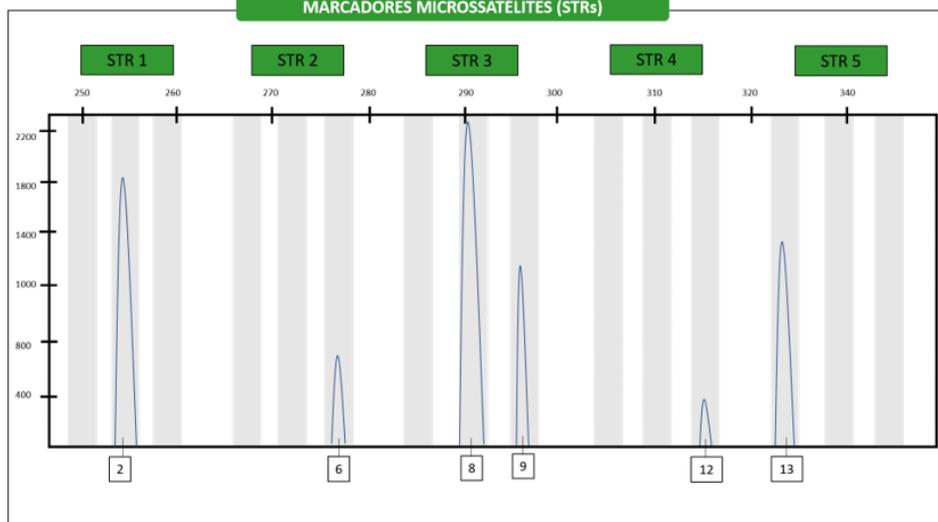
ISADORA



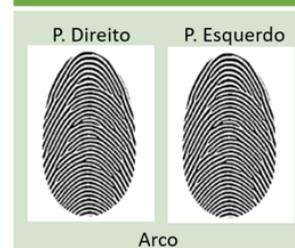
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	AB-
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Incapaz

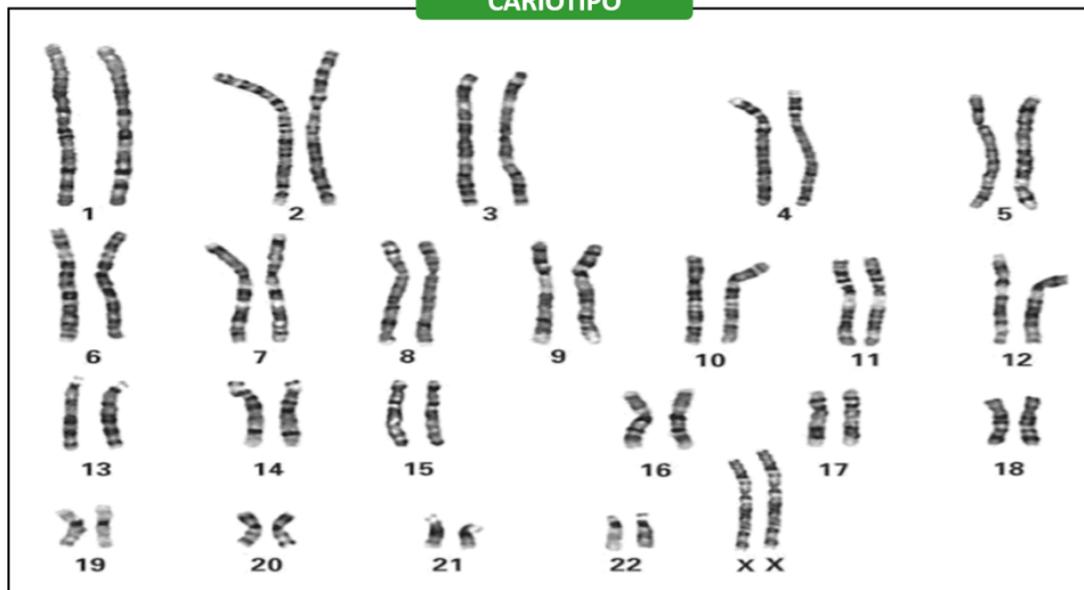


Cartela de dados Individual

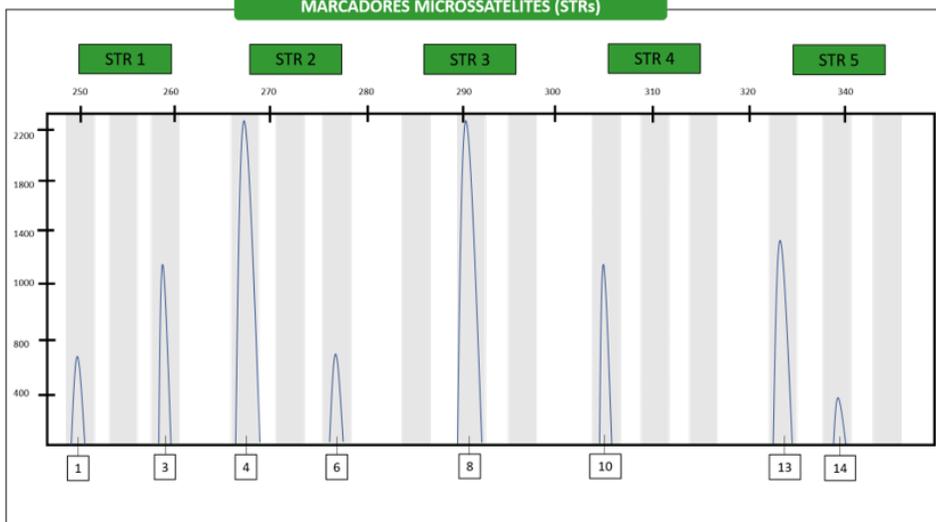
JOANA



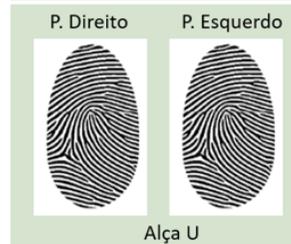
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	O+
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Capaz

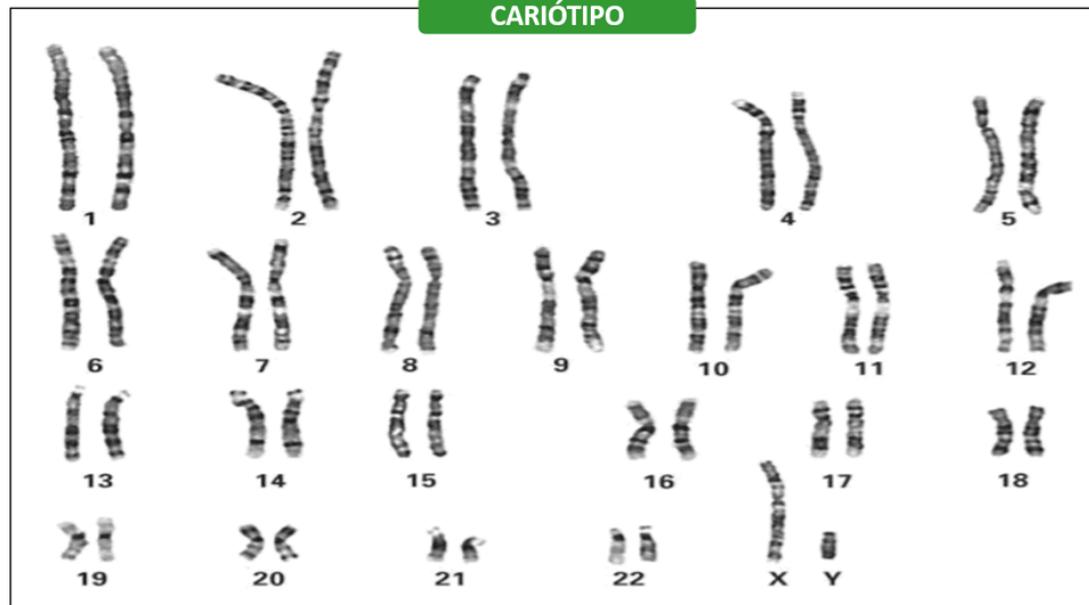


Cartela de dados Individual

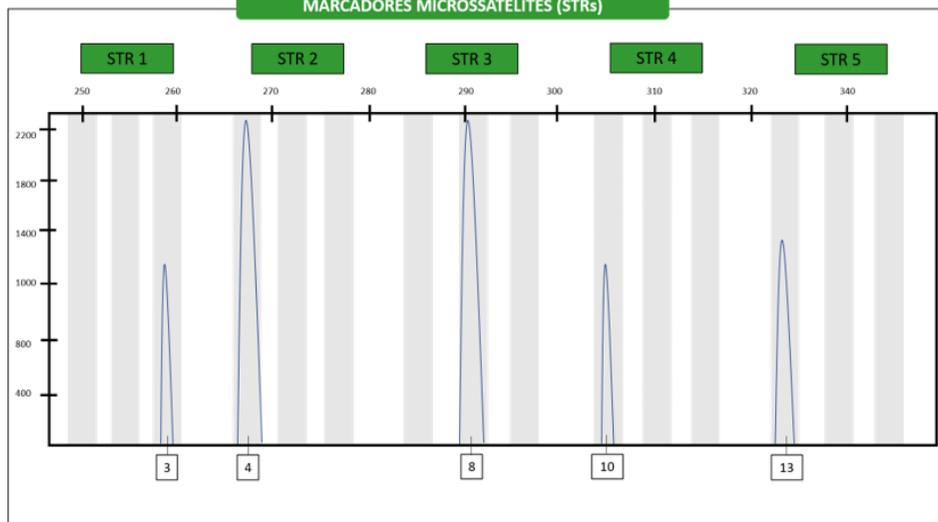
JOÃO



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	A+
Cor dos olhos	Azul
Enrolar da língua	Incapaz

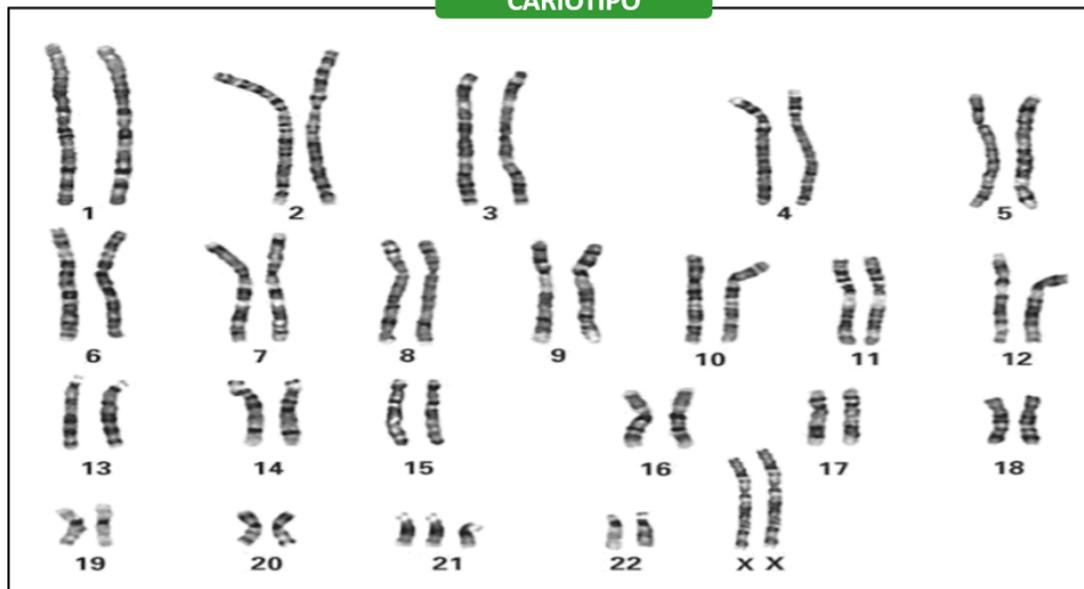


Cartela de dados Individual

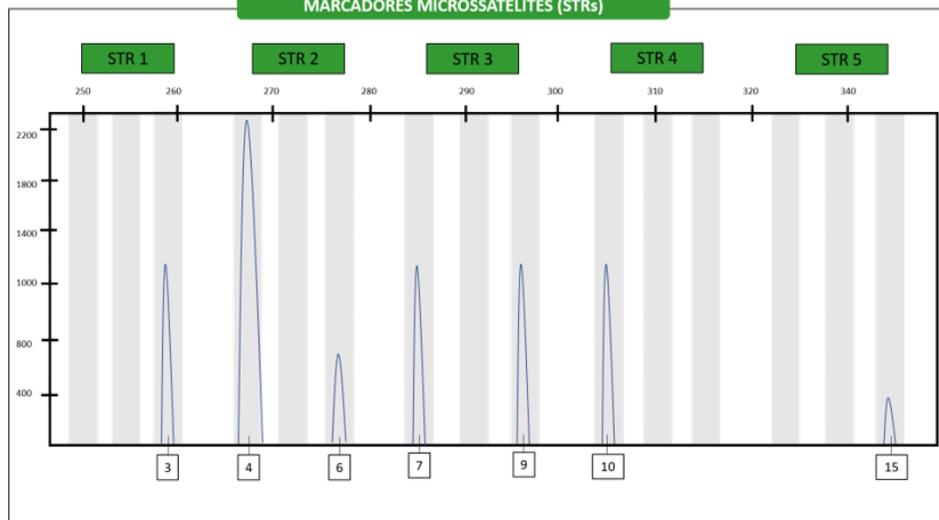
LUANA



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	B+
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Capaz

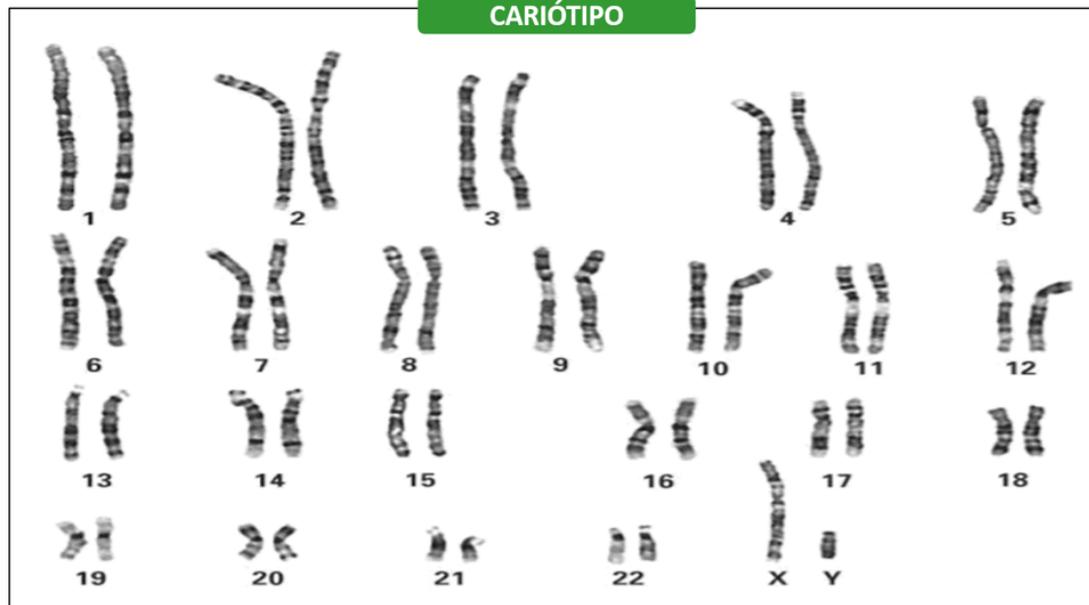


Cartela de dados Individual

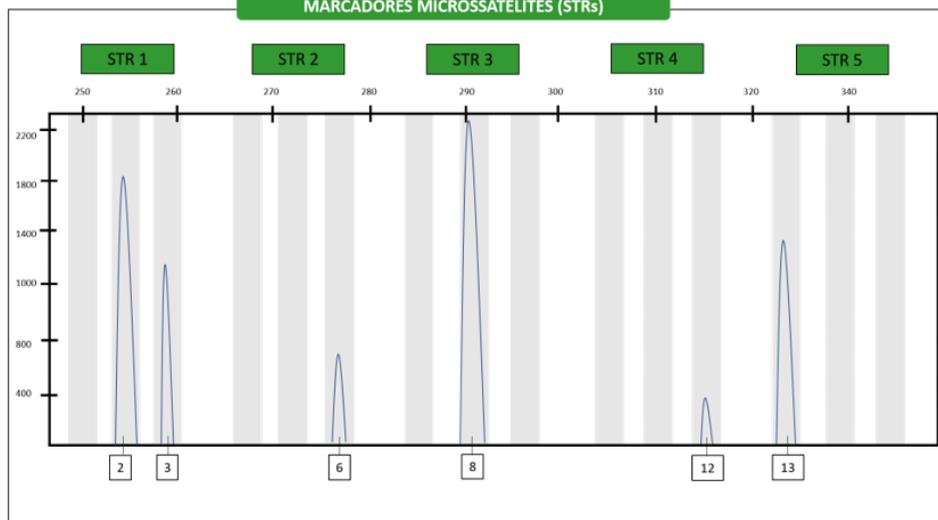
PEDRO



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	B+
Cor dos olhos	Azul
Enrolar da língua	Incapaz

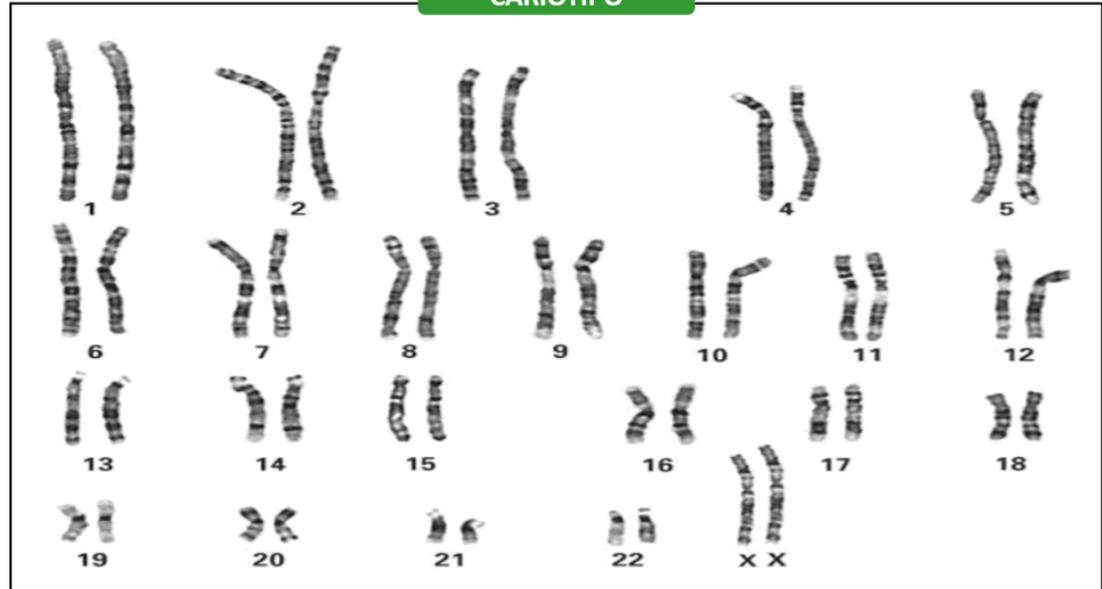


Cartela de dados Individual

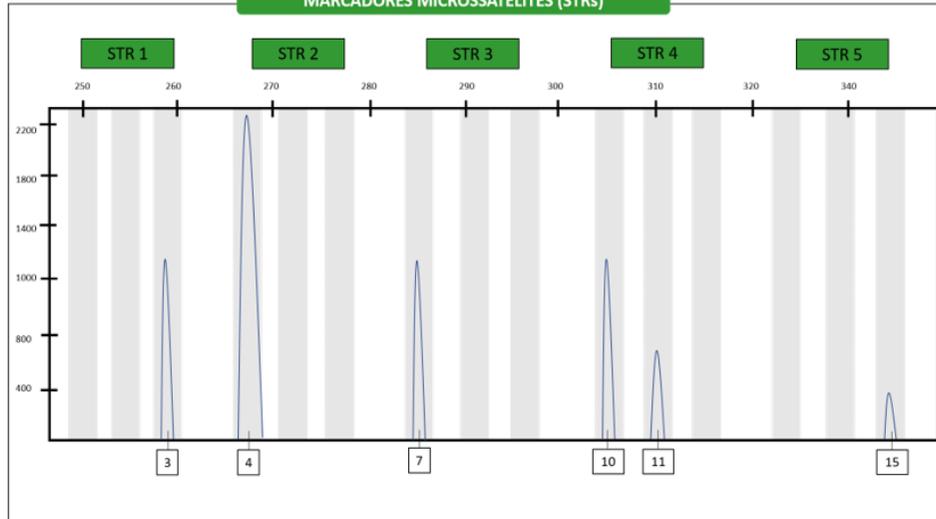
RENATA



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS	
Tipo sanguíneo	B-
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Capaz

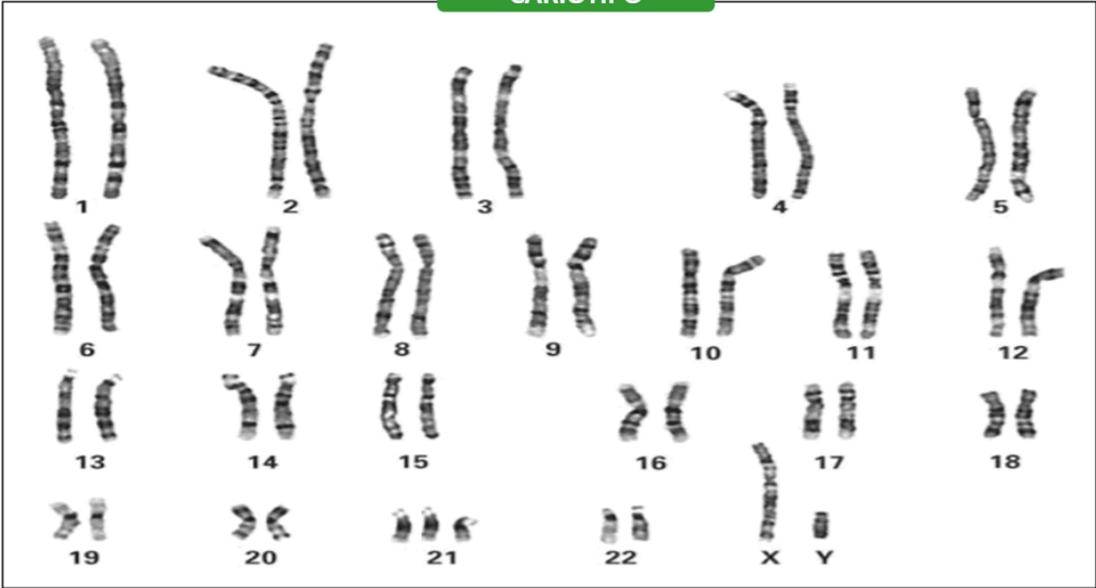


Cartela de dados Individual

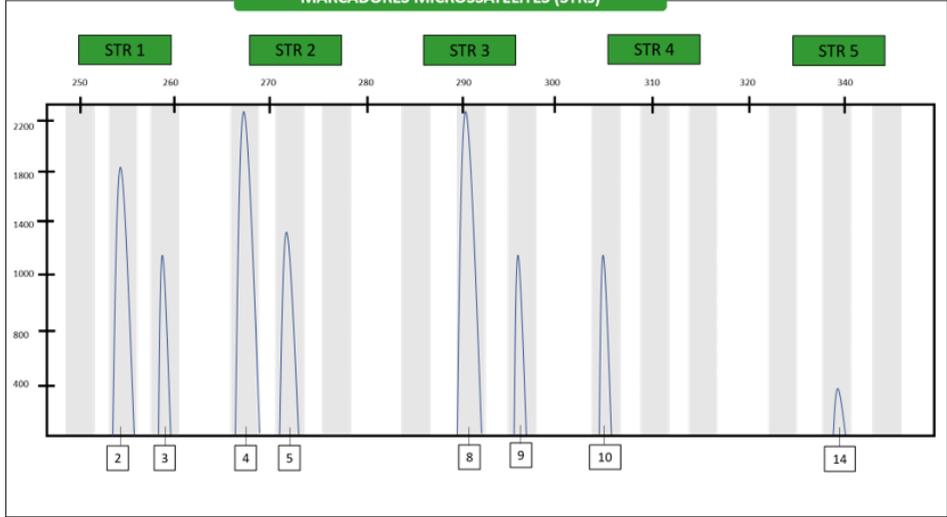
RICARDO



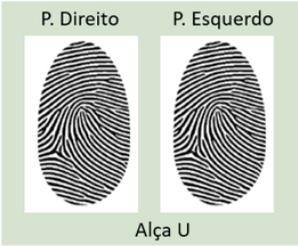
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	A+
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Incapaz

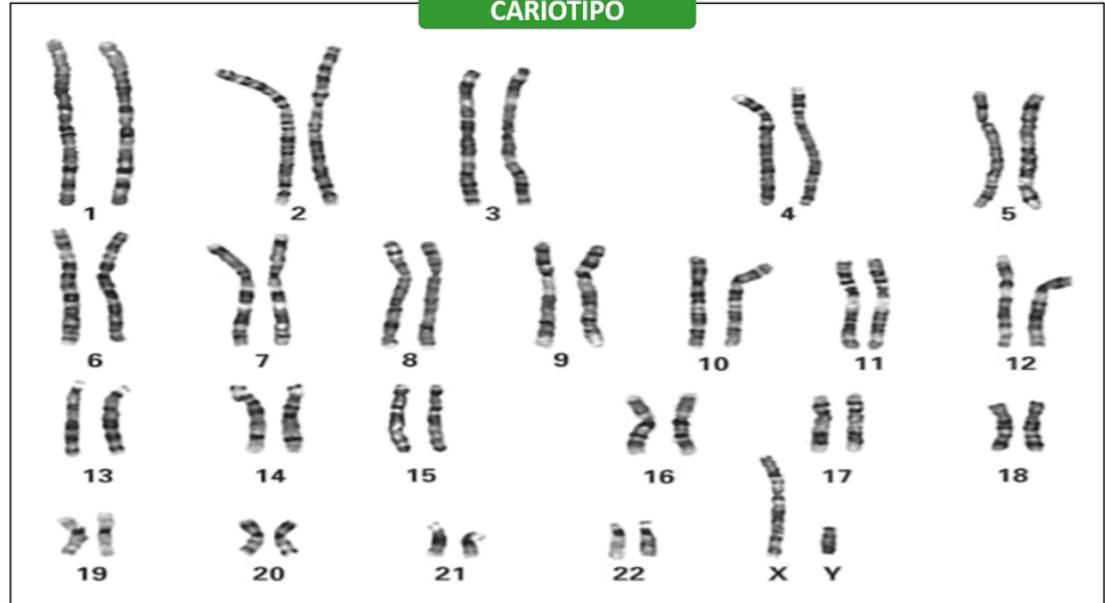


Cartela de dados Individual

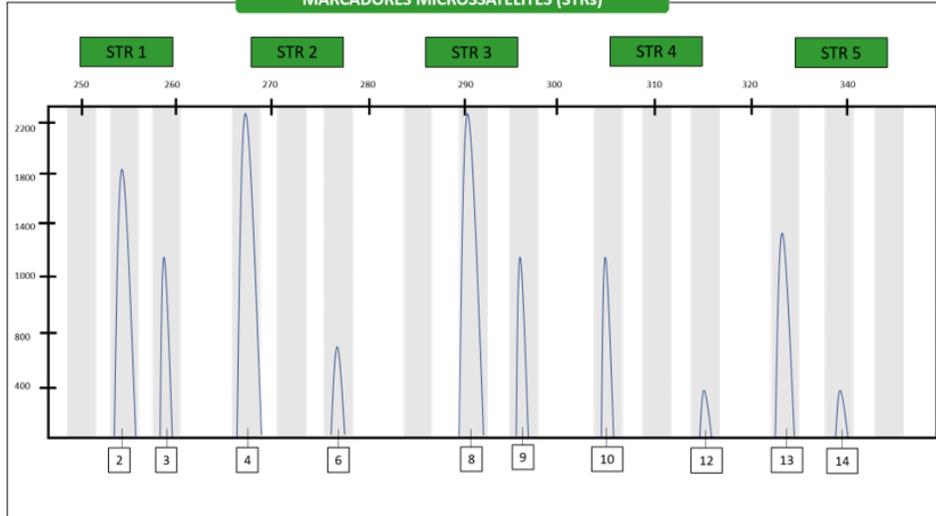
RODRIGO



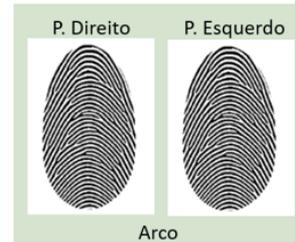
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	B+
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Capaz

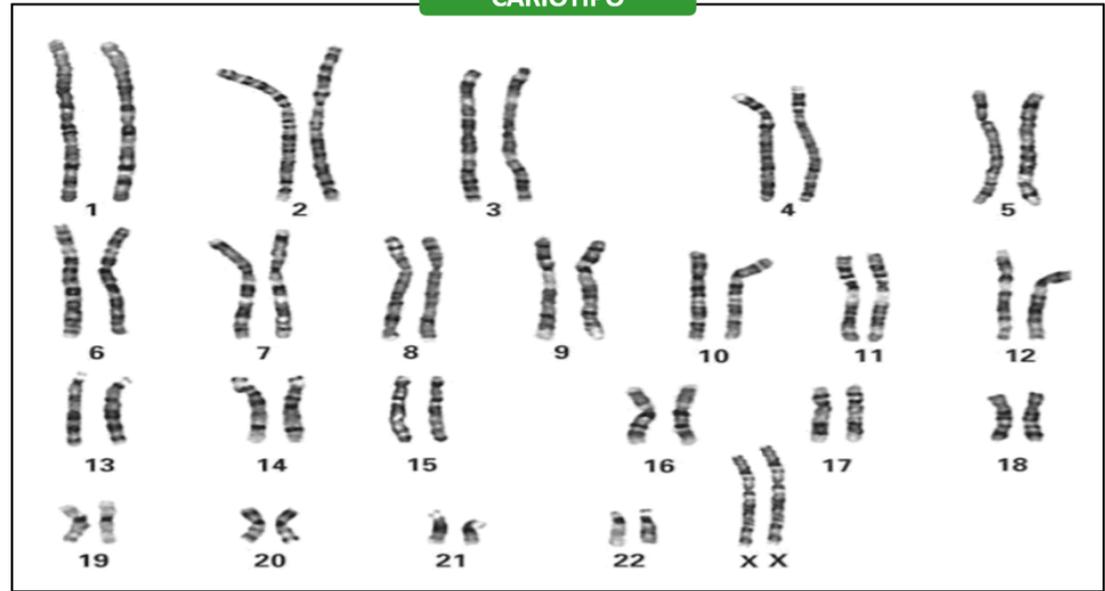


Cartela de dados Individual

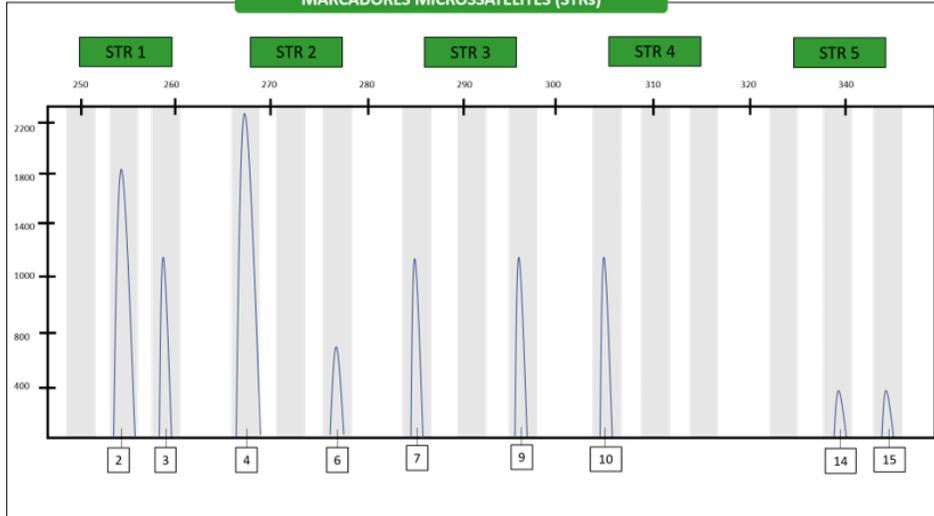
SÔNIA



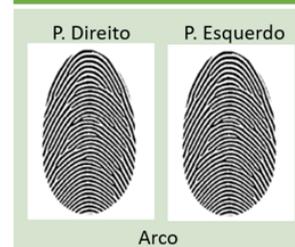
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	AB+
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Incapaz

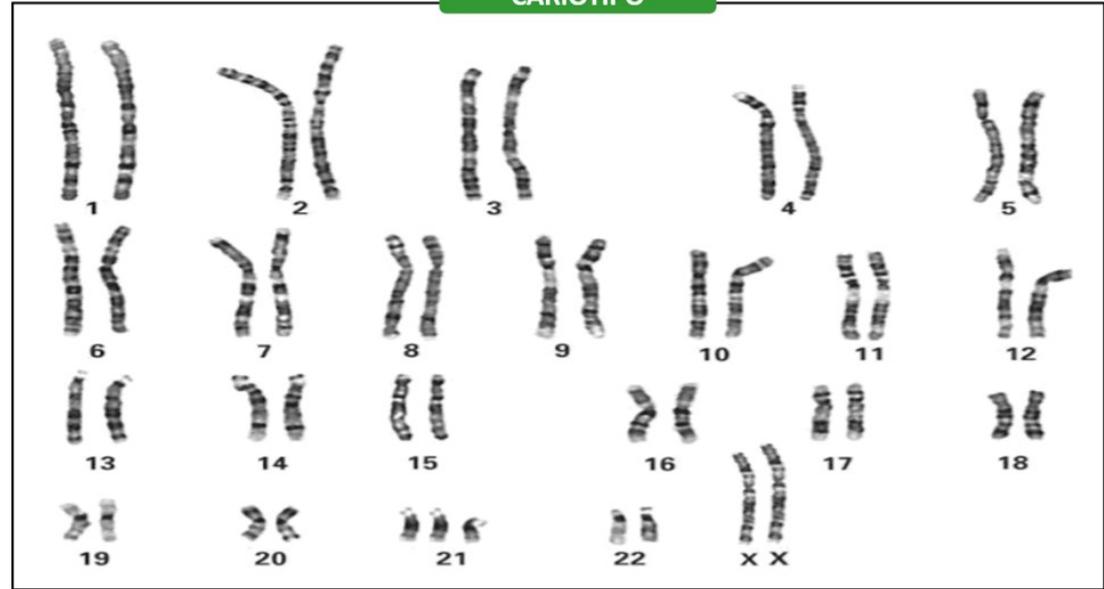


Cartela de dados Individual

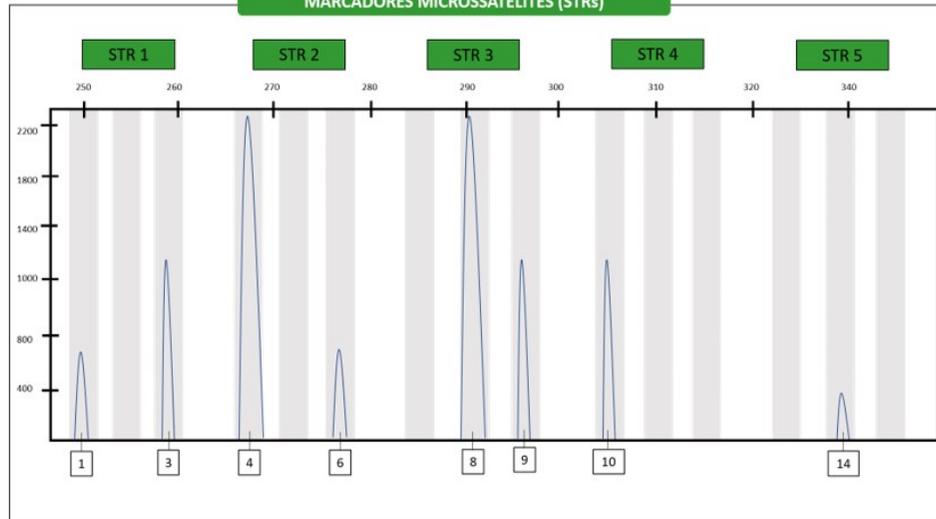
SUZANA



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	O+
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Incapaz

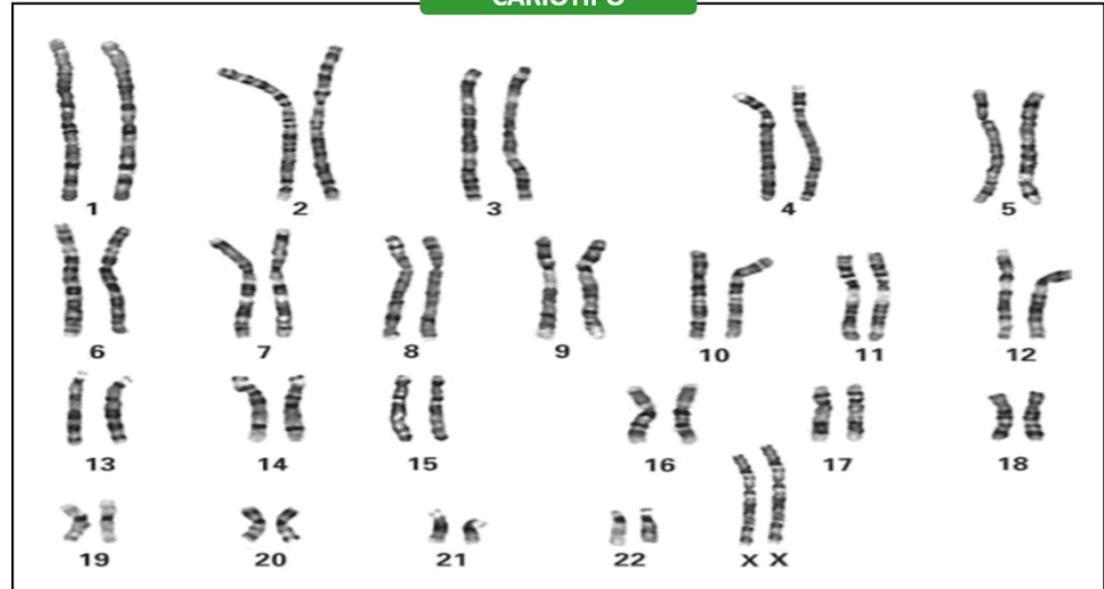


Cartela de dados Individual

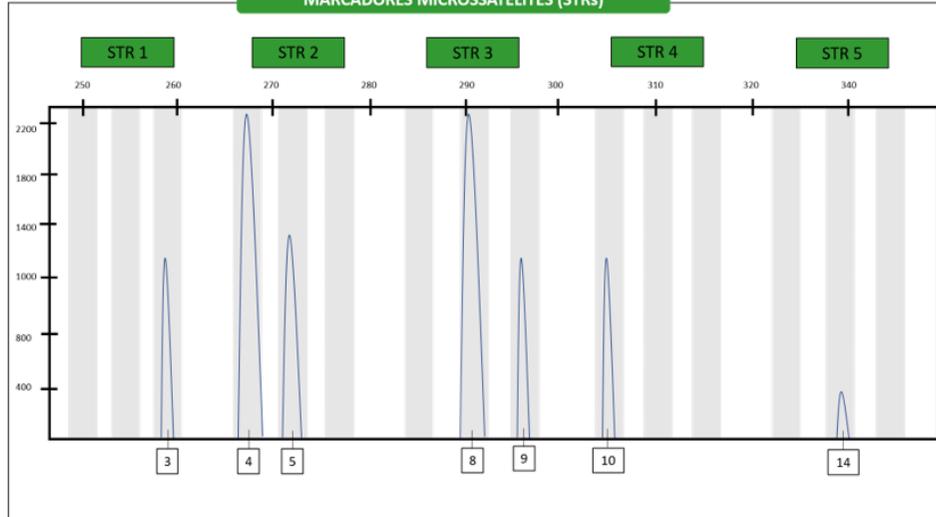
ZÉLIA



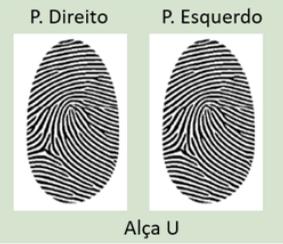
CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	A-
Cor dos olhos	Castanho
Enrolar da língua	Incapaz

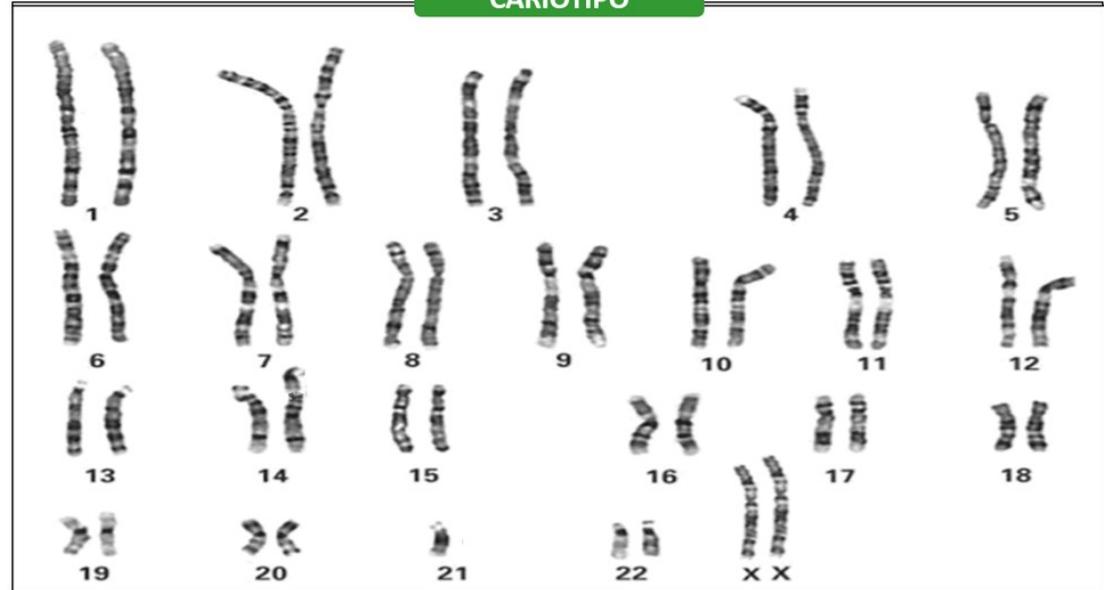


Cartela de dados Individual

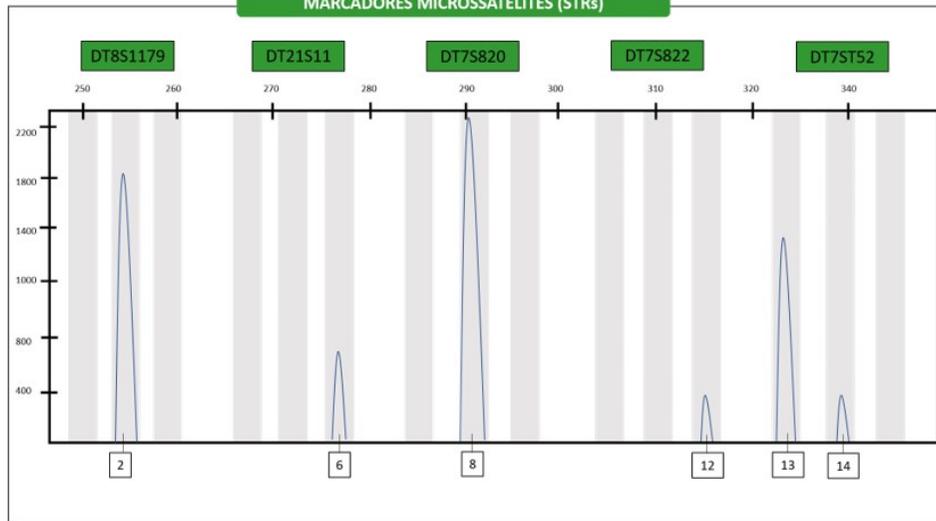
HELENA



CARIÓTIPO



MARCADORES MICROSSATÉLITES (STRs)



IMPRESSÃO DIGITAL



CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS

Tipo sanguíneo	A-
Cor dos olhos	Verde
Enrolar da língua	Capaz



CARTELA DE ANÁLISE GENÉTICA DOS CASAIS

Rodrigo	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo
Helena	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

João	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo
Suzana	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Ricardo	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo
Fernanda	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Gael	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo
Sônia	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Sr. Antônio	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo
Sra.Zélia	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

CARTELA DE ANÁLISE GENÉTICA DAS CRIANÇAS

Eliel	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Cássia	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Isadora	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Luana	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Pedro	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Felipe	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Flávia	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Joana	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

Renata	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	Cariótipo

CARTELA DE DICAS**DICAS E DESAFIOS**

Dica 1: Há um casal sem filhos. E os demais casais da 2ª geração possuem três filhos cada.

Dica 2: A mulher que possui translocação 14-21, tem três filhos(as) sem translocação ou síndromes.

Dica 3: O homem que possui translocação 14-21, tem três filhas e uma delas possui cariótipo normal;

Dica 4. Há um garoto adotado, esse tem olhos azuis e é irmão de duas meninas gêmeas que possuem o mesmo tipo sanguíneo;

Dica 5. A mulher que possui Síndrome de Down tem duas filhas sem translocação ou síndromes.

Dica 6. O homem que não tem filhos tem os olhos verdes.

Dica 7. Há um homem que possui alelos exclusivos para os marcadores: STR 5/alelo 15.

Dica 8. Sr. Antônio e Sra. Zélia possuem dois filhos e duas filhas. Dois desses possuem Síndrome de Down, e os demais não possuem síndromes ou translocações.

9. Apenas um casal tem três filhos(as) com cariótipo normal.

GABARITO DETALHADO

EVIDÊNCIAS QUE REFUTAM O PARENTESCO

CARACTERÍSTICA ATENDE A RELAÇÃO DE PARENTESCO	CARACTERÍSTICA NÃO ATENDE A RELAÇÃO DE PARENTESCO
	

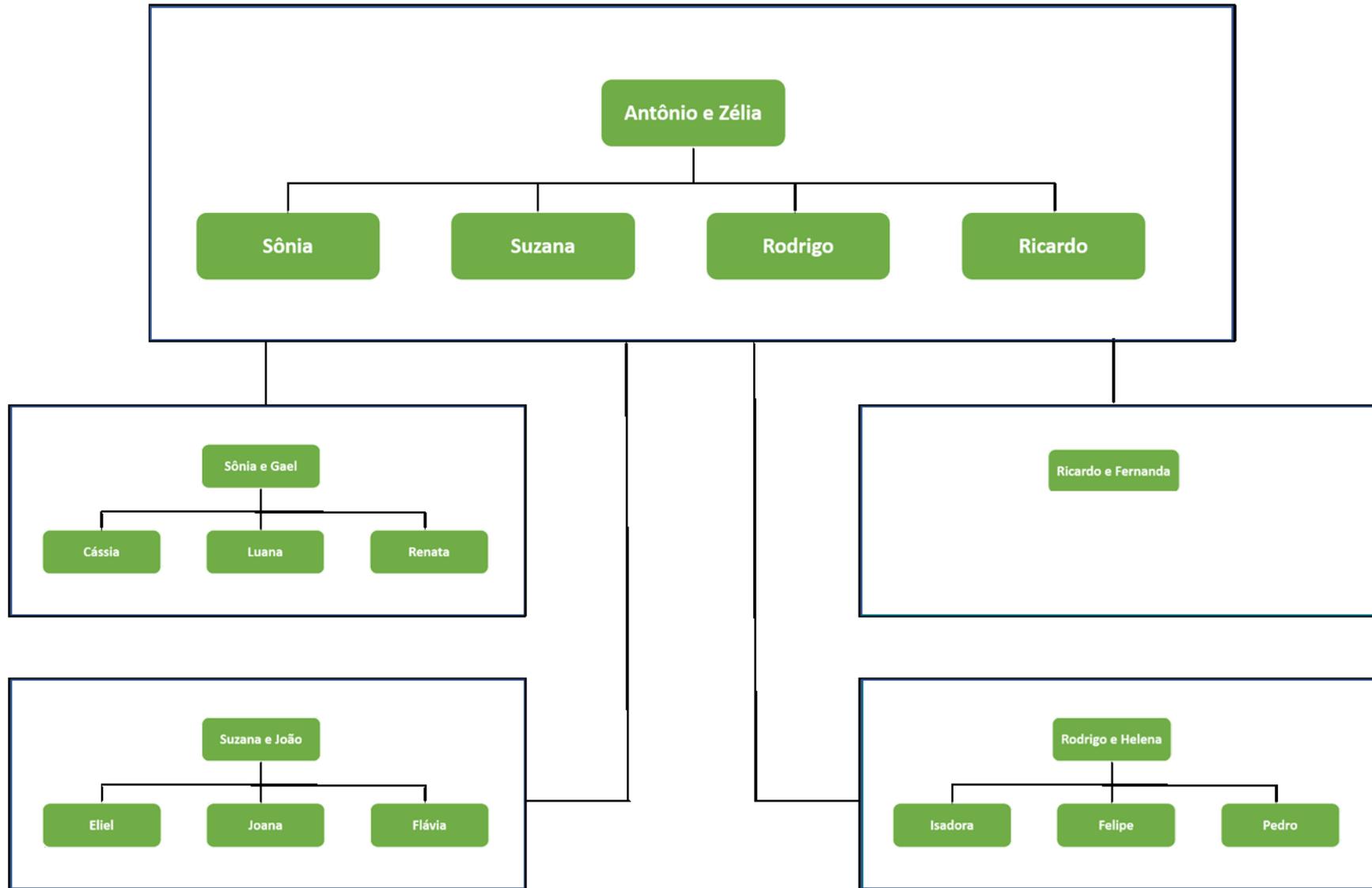
SR. ANTÔNIO E SRA. ZÉLIA			
	Tipo Sanguíneo e Rh	Cariótipo	Marcadores STR
Helena	 Fator Rh negativo	 Possui translocação 14-21	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Gael	 Fator Rh negativo	 Possui translocação 14-21	 STR1 – Homozigoto alelo 3
João	 A +	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 3
Fernanda	 AB +	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 2

GAEL E SÔNIA			
	Tipo Sanguíneo e Rh	Cariótipo	Marcadores STR
Isadora	 AB -	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Felipe	 O +	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Pedro	 B +	 Normal	 STR2 – Homozigoto alelo 6
Eliel	 ^B ^B	 Síndrome de Down	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Joana	 O +	 Normal	 STR1 – Alelo 1
Flávia	 O +	 Normal	 STR1 – Alelo 1

JOÃO E SUZANA			
	Tipo Sanguíneo e Rh	Cariótipo	Marcadores STR
Cássia	 Fator Rh negativo	 Síndrome de Turner	 STR3 – Homozigoto alelo 7
Luana	 B +	 Síndrome de Down	 STR3 – Alelo 7
Renata	 B -	 Normal	 STR3 – Alelo 7
Isadora	 AB -	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Felipe	 O +	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 2
Pedro	 B +	 Normal	 STR1 – Alelo 2

RODRIGO E HELENA			
	Tipo Sanguíneo e Rh	Cariótipo	Marcadores STR
Cássia	 A -	 Síndrome de Turner	 STR1 – Homozigoto alelo 3
Luana	 B +	 Síndrome de Down	 STR1 – Homozigoto alelo 3
Renata	 B -	 Normal	 STR1 – Homozigoto alelo 3
Eliel	 B +	 Síndrome de Down	 STR2 – Alelo 5
Joana	 O +	 Normal	 STR1 – Alelo 1
Flávia	 O +	 Normal	 STR1 – Alelo 1

RICARDO E FERNANDA			
	Tipo Sanguíneo e Rh	Cariótipo	Marcadores STR
Cássia	✓ A -	✓ Síndrome de Turner	✗ STR1 – Homozigoto alelo 3
Luana	✓ B +	✓ Síndrome de Down	✗ STR1 – Homozigoto alelo 3
Renata	✓ B -	✓ Normal	✗ STR1 – Homozigoto alelo 3
Isadora	✓ AB -	✓ Normal	✗ STR2 – Homozigoto alelo 6
Felipe	✗ O +	✓ Normal	✗ STR3 – Homozigoto alelo 8
Pedro	✓ B +	✓ Normal	✗ STR2 – Homozigoto alelo 6
Eliel	✗ ^B ^B	✓ Síndrome de Down	✓ Possível filho
Joana	✗ O +	✓ Normal	✗ STR1 – Alelo 1
Flávia	✗ O +	✓ Normal	✗ STR1 – Alelo 1

GABARITO SIMPLIFICADO

CARTELA DE CONSULTA DO PROFESSOR

CARACTERÍSTICA: IMPRESSÕES DIGITAIS

Artigo para consulta: ANDRADE, G. B. et al. Estudando uma característica complexa: as impressões digitais. *Genética na Escola*, v.12, n. 2, p. 150-159, 2017.

Vídeo para consulta: Por que a impressão digital de cada pessoa é diferente? | Minuto da Terra
Acesso em: Link: <https://www.youtube.com/watch?v=S7cp0acRY2s>

CARACTERÍSTICA: COR DOS OLHOS

Artigo para consulta MCDONALD, J. H. *Myths of human genetics*. Baltimore: Sparky House, 2011.

Vídeo para consulta: Interação gênica - Herança Quantitativa, Pleiotropia e Cor de olhos.
Acesso em: Link: <https://www.youtube.com/watch?v=zFrFr-0cNAw>

CARACTERÍSTICA: ENROLAR A LÍNGUA

Artigo para consulta: MCDONALD, J. H. *Myths of human genetics*. Baltimore: Sparky House, 2011.

Vídeo para consulta: Mitos da Genética: Dobrar a língua é uma característica dominante?
Acesso em: Link: <https://www.youtube.com/shorts/iUxKwXH6Vp4>

CARACTERÍSTICA: SISTEMA ABO

Artigo para consulta: CEZAR-DE-MELO, P. F. T; GOLÇALVES, P. R. Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação. *Genética na Escola*, v.15, n. 2, p. 180-193, 2020.

Vídeo para consulta: Sistema ABO - os diferentes tipos de sangue.
Acesso em: Link: <https://www.youtube.com/watch?v=NhDhK7As13c>

CARACTERÍSTICA: MARCADORES MICROSSATÉLITES

Artigo para consulta: WEBER, J. L.; WONG, C. Mutation of human short tandem repeats. *Human molecular genetics*, v. 2, n. 8, p. 1123-1128, 1993.

Vídeo para consulta: Saiba quais são as características dos microssatélites.
Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=rkdV2IXmoNE>

CARACTERÍSTICA: TESTE DE PATERNIDADE POR PADRÃO DE BANDAS

Artigo para consulta: RAMOS, V. D. S; AIRES, R. M.; GÓES, A. C. S. O princípio elementar de Mendel aplicado a teste de paternidade: uma simulação a partir do triângulo amoroso em Dom Casmurro. *Genética na Escola*, v.13, n. 1, p. 70-81, 2018

Vídeo para consulta: Como é feito o teste de paternidade?
Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=qCKmtBXrdj0>

CARACTERÍSTICA: CARIÓTIPO

Artigo para consulta: TARGUETA et al. Montagem de cariótipos: aprendizagem remota e interativa. *Genética na Escola*, v.16, n. 2, p. 218-227, 2021.

Vídeo para consulta: Cariótipo
Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=V6I6SU1GWog>

CARACTERÍSTICA: ALTERAÇÕES CROMOSSÔMICAS NÚMERICAS

Artigo para consulta: DEGRANDI, T. M. et al. "Baralho mutante" para o ensino das alterações cromossômicas numéricas Aneuploidias. *Genética na Escola*, v. 13, p. 132-143, 2018.

Vídeo para consulta: Mutações Cromossômicas

Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=DQ2GCLOK8hQ>

SUGESTÕES DE REPORTAGENS PARA APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Multiparentalidade

Sem sucesso em DNA, gêmeos idênticos terão de assumir pensão alimentícia de criança

Juiz reconheceu a má-fé de um dos irmãos em ocultar a parentalidade.

terça-feira, 2 de abril de 2019

Compartilhar     

  Comentar

Siga-nos no 

Dois gêmeos idênticos terão de ser incluídos na certidão de nascimento de uma criança e também deverão pagar, cada um, pensão alimentícia para a menina. A determinação é do juiz de Direito Filipe Luis Peruca, de Cachoeira Alta/GO, que esteve diante de um impasse curioso: os exames de DNA revelaram a compatibilidade da criança com os dois homens e nenhum deles admitiu quem era o pai.

Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/quentes/299423/sem-sucesso-em-dna--gmeosidenticos-terao-de-assumir-pensao-alimenticia-de-crianca>

Mitos da ciência: a capacidade de enrolar a língua é ligada a um gene?

17 out 2013 07h44 | atualizado em 18/10/2013 às 08h10

[ver comentários](#)

Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/educacao/mitos-da-ciencia-a-capacidade-de-enrolar-a-lingua-e-ligada-a-um-gene,cbb3abc63e9a1410VgnVCM5000009ccceb0aRCRD.html#:~:text=Tudo%20come%C3%A7ou%20com%20um%20famoso,era%20ligada%20a%20um%20recessivo.>

Metro World News

Sogra exige teste de DNA por conta da cor dos olhos da neta

Sogra exige teste de DNA por conta da cor dos olhos da neta · A mulher está acusando a esposa de seu filho de tê-lo traído porque os olhos da...

9 horas atrás



Disponível em: <https://www.metroworldnews.com.br/social/2022/04/08/sogra-exige-teste-de-dna-por-conta-da-cor-dos-olhos-da-neta/#:~:text=Quando%20a%20filha%20do%20casal,cor%20dos%20olhos%20da%20crian%C3%A7a.>

Canaltech

Pessoas com olhos azuis descendem de um ancestral comum ...

A variação na cor dos olhos azuis, por outro lado, é muito pequena. ... no DNA mitocondrial de indivíduos de olhos azuis em diversos países,...

1 semana atrás



Disponível em: <https://canaltech.com.br/ciencia/pessoas-com-olhos-azuis-descendem-de-um-ancestral-comum-unico-segundo-estudo-212961/>



Bebês geneticamente editados podem se tornar realidade em 25 anos

Por André Sollitto 4 abr 2022, 13h25

Para a geneticista Jennifer Doudna, avanços na tecnologia mostram que a ferramenta de edição Crispr já mudou o panorama de pesquisas e estudos genéticos

Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/bebes-geneticamente-editados-podem-se-tornar-realidade-em-25-anos/>



Cientistas anunciam sequência completa do genoma humano

Por Da Redação 31 mar 2022, 19h07

Consórcio de pesquisadores identificou os 8 por cento restantes desse quebra-cabeças que ajudará a entender a evolução humana e algumas doenças

Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/cientistas-anunciam-sequencia-completa-do-genoma-humano/>

Histórias Da Vida Real

Gêmeos impressionantes não poderiam ser mais diferentes devido à peculiaridade de sua ascendência mestiça



Disponível em: <https://jf-samoracorreia.pt/black-white-twins>

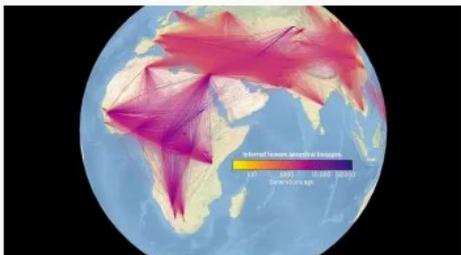


Banco de dados brasileiro permitirá aprimorar diagnóstico de doenças genéticas

© 04/03/2022 às 16:29

SAÚDE

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/banco-de-dados-brasileiro-permitira-aprimorar-diagnostico-de-doencas-geneticas/>

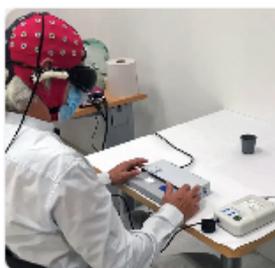


27 milhões de ancestrais e 100 mil anos: esta é maior árvore genealógica do mundo

🕒 25/02/2022 às 14:14

TECNOLOGIA

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/27-milhoes-de-ancestrais-e-100-mil-anos-esta-e-maior-arvore-genealogica-do-mundo/>



CIÊNCIA

Há um ano • 3 min de leitura

Visão de homem cego é parcialmente restaurada com nova terapia genética

Disponível em: <https://exame.com/ciencia/visao-de-homem-cego-e-parcialmente-restaurada-com-nova-terapia-genetica/>