



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ALESON APARECIDO DA SILVA

**JOGO DIDÁTICO SOBRE HEREDITARIEDADE E EXPRESSÃO GÊNICA
INSPIRADO NO MUNDO DE *GAME OF THRONES***

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ALESON APARECIDO DA SILVA

**JOGO DIDÁTICO SOBRE HEREDITARIEDADE E EXPRESSÃO GÊNICA
INSPIRADO NO MUNDO DE *GAME OF THRONES***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Rohde

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2019

Catálogo na fonte

Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Ana Ligia F. dos Santos, CRB4-2005

- S586j Silva, Aleson Aparecido da.
Jogo didático sobre hereditariedade e expressão gênica inspirado no mundo de Game of Thrones. / Aleson Aparecido da Silva. - Vitória de Santo Antão, 2019. 37 folhas; il.
- Orientadora: Claudia Rohde.
TCC (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Licenciatura em Ciências Biológicas, 2019.
Inclui referências e apêndices.
1. Genética. 2. Jogos Pedagógicos. 3. Game of Thrones. I. Rohde, Claudia (Orientadora). II. Título.

371.337 CDD (23. ed.)

BIBCAV/UFPE-098/2019

ALESON APARECIDO DA SILVA

**JOGO DIDÁTICO SOBRE HEREDITARIEDADE E EXPRESSÃO GÊNICA
INSPIRADO NO MUNDO DE *GAME OF THRONES***

Aprovado em: 30/05/2019

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Claudia Rohde (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Ma. Érika Maria de Amorim (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Samuel Lima de Santana (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, às três pessoas que me criaram, me educaram e me construíram até aqui, Geane dos Santos Silva, Georgia dos Santos Silva e Paulina Maria dos Santos Silva (mãe, tia e avó, respectivamente). Sem o apoio de vocês eu não teria trilhado nem metade do caminho até aqui. Amo vocês!

À ti, Vitor Luis da Silva, tua presença se faz em cada conquista alcançada.

À Flávia Santos, Sear-Jasube e Júlia Amanda, os “Juregs”, vocês foram fundamentais nos momentos de descontração na minha construção dentro da universidade. A amizade de vocês é incrível!

Márcia Silva, Rosângela Margarida, Luan Santos e Luan Kelwyny, obrigado por se fazerem presentes nos momentos em que eu menos esperava, e um obrigado especial a David Barbosa, tua presença e companheirismo nessa parte da minha vida foram de imensa importância para mim, obrigado!

À Maria Gislaine, por ter me encorajado a me aprofundar no ramo da genética e despertar em mim um amor tão grande por essa área edificadora da biologia. Agradeço também a equipe do Laboratório de Genética do CAV-UFPE, em especial a Érima Maria, Samuel Lima, Ana Patrícia e Rita Coutinho o apoio e amizade ofertado por vocês foi ímpar.

Eloiza Alessandra, nem sei como posso expressar teu papel durante minha vida. Tu surgiste da forma mais inesperada e ficou, mesmo de longe, uma válvula de escape durante meus piores e melhores momentos. Um imenso obrigado por estar sempre comigo.

Minha simbiose, digo, Maria Nayara, foram anos de muitas brigas, desavenças e, claro, momentos incríveis ao teu lado. Meu coração dói ao saber que talvez demore para nos reencontrarmos, mas terei a certeza que sempre poderei contar contigo, e a recíproca é verdadeira.

Profa. Vanessa Sá Leal e Profa. Claudia Rohde, cada uma de vocês me acompanhou em uma fase da minha graduação, e foram extremamente importantes para me mostrar valores essenciais que levarei para minha vida acadêmica e pessoal. Um intenso e imenso obrigado por todas as oportunidades ofertadas a mim!

Por fim, agradeço ao ser que rege todas as forças da natureza. Um ser presente nas coisas mais simples e frágeis e que ao mesmo tempo está impresso nas maiores complexidades deste universo. Infinitas graças a Ti!!

RESUMO

É necessário um recurso de apoio ao professor que facilite a transmissão e assimilação de informações pelos alunos, e para isso surgem os jogos didáticos. Eles são um recurso frequentemente lúdico que permite a maior interação entre todos os protagonistas da sala de aula (professor e alunos). Nesta proposta, o jogo aborda as características uni e multifatoriais das famílias Stark e Targaryen do programa *Game of Thrones*, passadas entre gerações e visivelmente observadas (olhos, pele e cor do cabelo). A partir do quadro genético dos pais selecionados pelo aluno serão aplicados os alelos no quadro de Punnett. As características que irão formar o herdeiro serão expressas, usando bonecos em duas dimensões com todas as características fenotípicas prováveis. Com a aplicação desse jogo o discente poderá estabelecer conexões entre a regulação gênica nos cromossomos parentais e sua influência no fenótipo do herdeiro, além de abordar conceitos relativos aos alelos dominantes ou recessivos, treinando ainda mais a utilização do quadro de Punnett.

Palavras-chave: Genética. Jogo Educativo. Game of Thrones.

ABSTRACT

A resource of support to the teacher that facilitates the transmission and assimilation of information by the students becomes necessary, and is when the didactic games appear. They are often playful resources that allow the greater interaction between all the protagonists of the classroom (teacher and students). In this proposal, the game addresses the uni and multifactorial characteristics of the Stark and Targaryen families of the Game of Thrones program, passed between generations and visibly observed (eye, skin and hair color). From the genetic frame of the parents selected by the student will be applied the alleles in the Punnett framework. The characteristics that will form the heir will be expressed, using dolls in two dimensions with all the probable phenotypic characteristics. With the application of this game, the student will be able to establish connections between gene regulation in the parental chromosomes and their influence on the heir phenotype, as well as to approach concepts related to dominant or recessive alleles, further training the use of the Punnett framework.

Keywords: Genetics. Educative Game. Game of Thrones.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 O Ensino de Biologia.....	11
2.2 Game of Thrones	13
2.3 A Genética por Trás dos Pigmentos Humanos.....	15
3 OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo Geral	18
3.2 Objetivos Específicos	18
4 METODOLOGIA.....	19
4.1 Peças do Jogo	19
4.2 Regras do Jogo.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
REFERÊNCIAS	25
APÊNDICE A – IMAGENS DOS QUADROS DE PUNNETT PARA APLICAR OS GENÓTIPOS DOS CROMOSSOMOS 15, 16 E 19	28
APÊNDICE B – IMAGENS DOS ALELOS E GENÓTIPOS PARA APLICAR AOS QUADROS DO ANEXO A	30
APÊNDICE C – CARTÕES DE INSTRUÇÕES DE GENES E ALELOS DAS CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS DOS PERSONAGENS, NOS CROMOSSOMOS	31
APÊNDICE E – FENÓTIPOS DAS CARACTERÍSTICAS ABORDADAS NO JOGO DIDÁTICO	36

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o ensino de Genética tem lançado mão de várias estratégias para facilitar o ensino e aprendizagem de seus conceitos, que se alojam em um universo abstrato (VILELA, 2007). A fim de facilitar a compreensão e promover a construção do conhecimento por parte dos estudantes, Vilela (2007) destaca que é importante concretizar informações transmitidas em sala de aula, por meio de diversos recursos e sequências didáticas, formando um indivíduo crítico frente as inovações científicas.

Sabe-se que as aulas teóricas constituem um pilar fundamental no processo de veiculação de conceitos, mas seu uso abusivo acaba por tornar o aprendizado uma prática cansativa e monótona. Como ferramenta alternativa e de possível utilização pelo professor pode-se identificar os jogos didáticos, fundamentais no processo de interação social, reconhecimento pessoal e elucidação cognitiva, sendo de grande valia para o ensino. O jogo, se bem construído e corretamente trabalhado, é capaz de promover o aprendizado formal, esclarecer dúvidas que a aula teórica tenha deixado, desenvolver aspectos relacionados ao desenvolvimento pessoal do aluno diante de desafios e contribuir para a socialização dos estudantes.

A busca por inserir o aluno no contexto da problemática trabalhada em sala de aula, impõe ao docente compreender sua esfera social e seu conhecimento de mundo, para assim poder criar laços facilitadores da aprendizagem. É nessa perspectiva que as séries televisivas, como *Game of Thrones*, demonstram seu potencial. A história original desta série, escrita por George Raymond Richard Martin (BAYONNE, 1948), em sua série de livros denominados *A Song of Ice and Fire* (Bantam Spectra), transmite diversos aspectos históricos, sociais e fundamentalmente biológicos da humanidade. Estes aspectos são suavizados pela trama fictícia da série televisiva do canal HBO, adaptada por David Benioff e D.B. Weiss, constituindo-se em um veículo informativo ao leitor/telespectador.

Neste trabalho, está sendo proposta uma atividade de jogo didático no cenário da série *Games of Thrones* e com informações genéticas de seus personagens e famílias, para que o professor possa fazer uso de novas ferramentas no ensino, de forma a entrosar o conteúdo conceitual do Ensino de Biologia com a

ficção, garantindo um maior e melhor envolvimento do aluno na atividade de ensino e aprendizagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Ensino de Biologia

O estudo da Biologia como um todo baseia-se em processos, métodos e nomenclaturas que requerem um bom embasamento teórico, possíveis de serem adquiridos a partir de aulas conceituais. Sobre isso, Borges (2002) afirma:

A ciência, em sua forma final se apresenta como um sistema de natureza teórica. Contudo, é necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento experimental (BORGES, 2002, p.298).

Promover a concordância sugerida por Borges (2002) é, entretanto, uma proposta desafiadora e que força o docente a sair de sua zona de conforto, predispondo-o a enfrentar os questionamentos de seus alunos. Para tanto, Torres *et al.* (2003) afirmam que a utilização de jogos como metodologia ativa propõe que o aluno deva se situar em posição central no processo de ensino e aprendizagem. E que o professor desempenhe um papel mediador entre o sujeito e objeto, veiculando discussões, trazendo informações e fomentando o pensamento crítico-reflexivo dos estudantes, sem abrir mão da ludicidade, que é a forma de desenvolver a criatividade e os conhecimentos, sendo capazes de transformar a si mesmos e aos outros. Como defende Torres *et al.* (2003), o intuito dos jogos é educar e ensinar com diversão, fomentando interações interpessoais, que são bases do processo de aprendizagem.

O lúdico em sala de aula não pode estar desvinculado dos conteúdos e sequências didáticas que facilitem a compreensão do tema pelo discente. Neste sentido, Soares (2008) conceitua que:

Jogo é o resultado de interações linguísticas diversas em termos de características e ações lúdicas, ou seja, atividades lúdicas que implicam no prazer, no divertimento, na liberdade e na voluntariedade, que contenham um sistema de regras claras e explícitas e que tenham um lugar delimitado onde possa agir: um espaço ou um brinquedo (SOARES, 2008, p.3).

Na pesquisa levantada por Brownell e Tanner (2012), muitos fatores são apontados como prejudiciais à prática docente, e um deles é a resistência que muitos professores possuem em adotar novas metodologias de ensino e deixar de

lado estratégias didáticas utilizadas em cinco, dez ou até mesmo em trinta anos de carreira.

Segundo Oliveira (2011), muitos docentes com uma formação fundamentada na pesquisa e com uma defasada carga didática tendem a oferecer a mesma prática pedagógica que seus professores ofertaram em sua formação. Essa falta de utilização de recursos inovadores gera, segundo Cruz (2017), uma carência na qualidade da formação dos novos docentes, assim como descontentamento.

Conceitos teóricos de diferentes áreas da Biologia, que dependem da abstração/imaginação, tais como a Biologia Celular e a Genética, são de difícil compreensão (BAHAR *et al.*, 1999; DUNCAN; REISER, 2007; TSUI; TREAGUST, 2007; DUNCAN *et al.*, 2009). Duncan e Reiser (2007) atentam ainda para a dificuldade dos discentes na assimilação do funcionamento dos processos interativos ao nível molecular da célula, a exemplo da expressão gênica, e de como essa expressão influencia os traços fenotípicos de um indivíduo ou de uma espécie.

A literatura afirma que o conhecimento construído pelos alunos acerca da Genética é muito fragmentado, a exemplo das noções de como acontecem os eventos de expressão gênica nos diferentes tipos celulares de um mesmo organismo, que são temas muito mal compreendidos (CHATTOPADHYAY, 2005). Paiva e Martins (2005) abordam que os livros didáticos muitas vezes trazem temáticas fragmentadas e sem integração, complicando imensamente a compreensão do aluno sobre aspectos da biologia e da genética.

Aliado a isso está o fato de que um dos grandes problemas do ensino de Genética é a dificuldade que os alunos têm para contextualizar os conceitos vistos na escola com o seu próprio cotidiano (MOURA *et al.*, 2013). Essa dificuldade, muitas vezes, está atrelada a falta de recursos didáticos alternativos utilizados pelo docente e que podem materializar melhor o conteúdo, tornando-o mais acessível e concreto. Sobre isso, Braghini (1998) argumenta que:

Poucos profissionais de biologia possuem a habilidade ou têm a seu dispor ferramentas para trabalhar o conteúdo programático de forma efetivamente dinâmica e que permita ao aluno se envolver, desenvolver seu raciocínio, o espírito crítico, enfim, ser mais participante do processo de aprendizagem. A partir daí, busca-se selecionar os conceitos mais significativos (BRAGHINI, 1998, p.183).

Diante da perspectiva de que inúmeros fatores dificultam o ensino de Genética, os jogos didáticos surgem como uma metodologia didática motivadora

para a melhoria do ensino e aprendizagem, por permitir que o aluno participe ativamente, compreenda, raciocine e interaja com os colegas e professores, em um ambiente favorável e instigante (BURNATT, 2014).

Ribeiro *et al.* (2017) destacam que, para garantir uma facilitação no processo de aprendizagem do aluno, as aulas práticas surgem como um complemento, uma vez que o ensino das Ciências requer a visualização, materialização e manipulação para haver uma adequada assimilação pelo discente.

2.2 Game of Thrones

Game of Thrones é uma série televisiva norte-americana, que se passa em tempos remotos, nos continentes fictícios de Westeros e Essos, onde a hierarquia é o sistema governamental. O rei da monarquia que governa os sete reinos do continente de Westeros, com sede na cidade de *King's Landing*, ocupa o Trono de Ferro. Sob seu poder encontram-se famílias nobres dinásticas, como a Casa Lannister, Stark e Tyrell, que são vassalas ao Trono de Ferro. A maioria dos grandes senhores almejam alcançar o Trono de Ferro, e para isso, é necessário destronar o rei vigente. Um rei pode receber esse título desde o seu nascimento, por sucessão de título, ou por tomada do poder, o que resulta nas guerras, alianças e conflitos tão intensamente retratados na série.

A **Casa Stark (Figura 1)**, encontra-se sob o reinado de Sansa Stark. Situam-se ao norte de *Westeros* e sua linhagem de descendentes vivos atualmente é sucessora da junção entre as Casas Stark (Ned Stark) e Tully (Catelyn Tully). Seus personagens principais atualmente vivos são Arya Stark, Sansa Stark e Brann Stark. Na trama fictícia da série, os Stark têm várias aptidões genéticas interessantes de serem trabalhadas, devido à grande variabilidade genética, as características de mais fácil visualização são os cabelos em maioria negros, castanhos ou ruivos (Sansa Stark), com pele clara e olhos bem pigmentados.

2.3 A Genética por Trás dos Pigmentos Humanos

O ser humano possui uma ampla diversidade de cores, tamanhos e formas, e isso se deve, segundo Vianna-Morgante *et al.* (2007), ao conjunto de características genéticas expressadas em proteínas e que irão, juntas, formar o fenótipo. Essas características são selecionadas e passadas desde a antiguidade até a atualidade de forma hereditária.

Gregor Mendel (1822-1884) em seus estudos foi capaz de identificar a essência da genética, formulando após seus estudos, três leis fundamentais, como admite Snustad (1940): o Princípio da Segregação dos Caracteres, O Princípio da Dominância e o Princípio da Distribuição Independente.

As características utilizadas por Mendel atribuíam-se a estruturas moleculares denominadas genes, sendo cada gene uma unidade de herança (DNA) situada em uma posição fixa de um cromossomo (SNUSTAD, 1940). Essas moléculas codificantes de caracteres são capazes de definir toda a organização de um organismo, assim como sua funcionalidade. Portanto, não seria diferente quanto a manifestação do fenótipo da cor dos olhos, dos cabelos e da pele. No ser humano os variados fenótipos se manifestam por meio de um sistema poligênico e multifatorial de expressão.

Existem mais de 170 genes relacionados com a produção, distribuição e secreção da melanina pelos melanócitos (SCHNEIDER, 2009). Existem, essencialmente, dois pigmentos que se expressam no ser humano: a eumelanina, que configura a coloração amarronzada ou preta, e a feomelanina, que se reflete na coloração avermelhada ou amarelada (PAMPLONA, 2007). Dentre essa ampla gama de genes que atuam na expressão da pigmentação no corpo humano, apenas os genes *MC1R*, *ASIP*, *OCA*, *HERC* e *SLC24A5* foram elegidos como representantes.

O gene *MC1R* (Melanocortin-1 Receptor) é altamente polimórfico, apresentando diversos alelos, muitas vezes com perda de função (Smith et al., 1998), e expressa-se em mamíferos ativando genes precursores da eumelanina (MARANO, 2015).

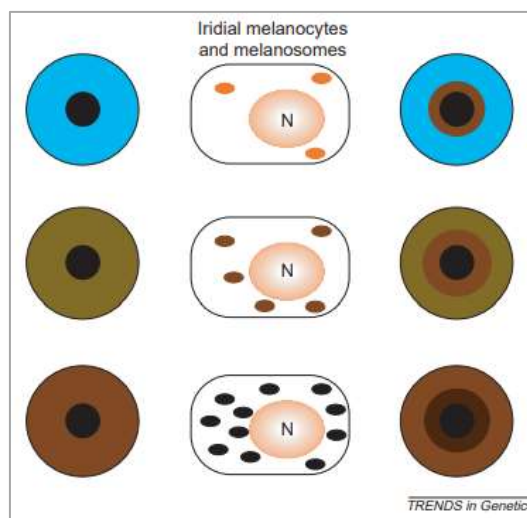
O gene *SLC24A5* (Solute Carrier Family 24, Member 5), possui ação efetiva no controle do pH celular dos melanossomos, característica que é fundamental para

a maturação dessas células (Norton et al., 2007), e variações em proteínas codificadas por esse gene estão associados a fenótipos mais claros (WILSON et al., 2013).

Segundo Kanetsky (2012), o gene *ASIP* (Agouti Signaling Protein) age produzindo um ligante que quando em interação com outras proteínas, estimula a síntese de feomelanina.

Em relação as cores dos olhos, há um sistema relacionando a proporção entre cada tipo de pigmento (Figura 3), em que a baixa concentração destes resulta em olhos azuis. O gene *OCA2* (Oculocutaneous Albinism II) influencia fortemente a cor dos olhos (STURM; FRUDAKIS, 2004), cujas codificações estão associadas a expressão pela presença de haplótipos no locus do gene *OCA2*. Segundo estudos desenvolvidos por Rebbeck *et al.* (2002) e Branicki *et al.* (2008) na prospecção dos fenótipos de cor preta-amarronzada e a coloração esverdeada, muitos haplótipos são apontados como possuindo maior peso na regulação, porém variantes do alelo rs1800407 são os mais apontados por causar tais alterações. O gene *HERC2* (E3 ubiquitin protein ligase) também possui ativa influência na síntese de pigmentos, regulando a expressão do sítio de iniciação do gene *OCA2* (STURM, 2009).

Figura 3 - A base da coloração do olho humano.



N = núcleo da célula.

Fonte: Sturm e Frudakis (2004).

A constituição das características fenotípicas seguirá um padrão especial para cada gene, a feomelanina, controlada pelo gene *ASIP* será expressa apenas em completa dominância, desativando os genes *MC1R* e *MC1R1*, caracterizando cabelos ruivos. Os genes *OCA2* e *HERC* apresentam codominância, quando heterozigotos. O gene *OCA2* possui maior expressão, quando ambos em recessividade codificarão olhos azuis devido à baixa quantidade de pigmentos. Os genes *MC1R* e *MC1R1* regularão a eumelanina na pele e no cabelo, respectivamente, e se expressarão de três formas, quando em completa recessividade caracterizam pele clara e cabelo loiro, quando em heterozigose expressam cabelo e pele castanhos, quando em dominância, caracterizam cabelo e pele negros. Quanto ao gene *SLC24A5* só se expressa em completa recessividade, trazendo o fenótipo albino, característico dos Targaryens, na história de Games of Thrones.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Facilitar o processo de ensino e aprendizagem sobre Hereditariedade e Expressão Gênica com a construção de um jogo didático.

3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um recurso didático lúdico baseado no mundo do *Game of Thrones*;
- Estimular o aprendizado sobre hereditariedade através de um jogo didático baseado em características fenotípicas presentes nas famílias do seriado;
- Divulgar o jogo no meio acadêmico e digital.

4 METODOLOGIA

A construção do jogo didático contou com o uso da plataforma GIMP versão 2.10.8 e recursos do Publisher, programa licenciado da Microsoft. Esta plataforma permitiu tanto a edição quanto a montagem das imagens utilizadas no jogo didático inspirado no seriado *Game of Thrones* (GOT), e foi também importante para proporcionar um melhor refinamento, *design* e experiência ao jogador.

Da imensa gama de traços genéticos trabalhados em GOT e que se fazem interessantes para o jogo, apenas alguns mais evidentes foram abordados. Estas características foram unifatoriais, como o sexo, e multifatoriais, a exemplo da cor dos olhos, cor dos cabelos, e cor da pele.

Genes presentes nos cromossomos 15, 16 e 19 estão envolvidos na regulação das diferentes cores expressas no corpo humano, tanto na produção de melanina da pele, dos olhos e do cabelo, quanto na inibição da produção da mesma. Muitos outros genes encontrados em outros cromossomos também desempenham papel fundamental nesse sistema, porém não serão abordados nesse trabalho. Os genes OCA2 e HERC2 possuem ligação indireta com a expressão de caracteres relacionados a cor do olho dos seres humanos, atuando na cascata de síntese da melanina ou como reguladores inibitórios da síntese da mesma. Por isso, foram utilizados como exemplo dos genes definidores dessa característica, no presente trabalho.

4.1 Peças do Jogo

- 4 Cartões contendo a provável expressão gênica dos cromossomos 15, 16 e 19, dos personagens (Jon Snow, Daenerys Targaryen, Sansa Stark e Viserys Targaryen) e 1 cartão para expressar o genótipo do filho;
- 3 Quadros de Punnett (um para 3 genes, outro para 2 genes e um para 1 gene) relacionados aos cromossomos 15, 16 e 19, respectivamente;
- Bonecos com diferentes cores de pele (masculinos e femininos) para a expressão dos fenótipos, além de cabelos e olhos com as prováveis cores que resultarão da fecundação.

- Mini cartões de alelos dos genes de cada cromossomo em duas cores, azul para representar os alelos que serão aplicados no quadro de Punnett e o genótipo em vermelho para serem aplicados no cartão de expressão gênica do filho.

4.2 Regras do Jogo

O professor poderá utilizar o jogo como ferramenta avaliativa ou como instrumento de apoio das aulas teóricas, dependendo de seu planejamento didático. O jogo pode ser executado individualmente ou em grupos e cada grupo ou indivíduo deve receber o material listado na seção 4.1. Os jogadores iniciam o jogo escolhendo um casal de personagens para serem os pais, e pegando o cartão do filho. Nesta etapa deve-se montar as características físicas (fenótipos) de cada progenitor com os bonecos a partir da análise dos respectivos cromossomos que expressam as características (genótipos), como exemplo, pode-se analisar as características da Figura 4.

Figura 4 - Exemplo de cartão com dados genéticos da personagem Daenerys Targaryen.

♀ DAEENERYS TARGARYEN ♀		
Cromossomo	Genes e suas Condições	Alélos
 15	ASIP (Cor do Cabelo) -Estimula a síntese de Feomelanina (coloração avermelhada) no cabelo, quando em completa dominância desativa os Genes MC1R e MC1R1-	a a
	OCA2 e HERC (Cor dos Olhos) -Influenciam a síntese de pigmentos escuros e amarelados, respectivamente, quando ambos em completa recessividade caracterizam olhos azuis e quando em heterozigose estabelecem codominância e caracterizam olhos verdes -	o o
		h h
 16	MC1R (Cor do Cabelo) -Regula a estimulação na síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando em homozigose recessiva caracteriza o fenótipo loiro-	m m
	MC1R1 (Cor da Pele) -Regula a síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando recessivos, caracterizam pele branca-	m1 m1
 19	SLC24A5 -Quando em completa recessividade esse gene desativa todos os outros e caracteriza o albinismo-	s s
GAME OF THRONES		

Fonte: SILVA, A. A., 2019.

Após, deve-se construir as possibilidades do genótipo do filho utilizando os quadros de Punnett para aplicar o genótipo dos pais escolhidos anteriormente, utilizando os cartões de alelos ( ou ), como exemplificado na **Figura 5**.

Figura 5 - Exemplo de um quadro de Punnett, e os resultados na descendência a partir das características genéticas do cromossomo 19 dos dois genitores.

Cromossomo 19		
♀ \ ♂		
		
		

Fonte: SILVA, A.A., 2019.

Uma vez que os quadros de Punnett estiverem preenchidos deve-se escolher um dos resultados e adicioná-lo ao quadro do filho. E quando todos os quadros de Punnett forem preenchidos e o cartão do filho estiver completo, os bonecos serão utilizados para expressar o fenótipo do filho. No exemplo da Figura 5 existem três possibilidades resultantes do cruzamento dos genitores, que são: cc, Cc ou CC. Há, apenas 25% de chance da característica se expressar fenotipicamente, já que é uma característica primordialmente homozigota recessiva (c e c). Como a maioria das possibilidades (75%) possuem ao menos um alelo dominante (C) os outros genótipos serão heterozigoto (dois alelos diferentes C e c) ou homozigoto dominante (dois alelos iguais C e C).

Seguindo o exemplo da Figura 5, a característica da qual trata o gene do cromossomo 19 é o albinismo. Portanto, um dos fenótipos que poderá ser expresso é o de ausência de melanina na pele, cabelo e olhos, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Bonecos para expressão do fenótipo do filho ().



Fonte: SILVA, A.A., 2019.

O discente também deve ter acesso aos heredogramas da casa Stark e Targaryen para que eles possam analisar as linhagens de cada progenitor, de forma a facilitar a compreensão de como algumas características se expressam (ou não) através das gerações.

Para facilitar o jogo, adotou-se um número reduzido de genes controladores de características, sendo reduzidos a seis, e distribuídos nos seguintes cromossomos:

- O cromossomo 15, com três genes, que regulam a expressão da feomelanina no cabelo, assim como o gene OCA (pigmentos marrons) e o gene HERC (pigmentos amarelados), que irão configurar a cor dos olhos.
- O cromossomo 16 apresenta dois genes, que são da eumelanina na pele e no cabelo.
- O cromossomo 19 possui um gene que pode ocasionar o albinismo ao ser encontrado com os dois alelos recessivos.

Para avaliação das atividades por parte dos estudantes, o docente poderá analisar a correta utilização do quadro de Punnett ou a boa assimilação dos conceitos a partir da associação do genótipo nas características expressas. O docente poderá ainda estipular um fenótipo desejado e pedir para que os alunos projetem alguns genótipos que produziram tal caractere, e vice-versa.

Os quadros de Punnett em três níveis de complexidade possibilitam ao discente ter uma noção da complexa regulação gênica e de como determinadas características fenotípicas aparentemente “iguais” possuem várias possibilidades de combinações alélicas, e vice-versa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante disso, a proposta aqui apresentada é uma alternativa para um trabalho interativo em sala de aula, com enfoque em características de herança mais complexas e pouco abordados de forma lúdica no Ensino Básico e Superior.

A construção do jogo vem para facilitar o processo de ensino e aprendizagem por parte dos discentes. Gonzaga *et al.* (2017) trazem que sua utilização independe do nível de escolaridade e é capaz de trazer inúmeros benefícios, trabalhando o desenvolvimento psicocognitivo, estabelecendo laços entre professores e alunos, e alterando a postura crítica perante a sociedade.

Silva *et al.* (2012) retrata a importância de se utilizar variados recursos didáticos a fim de superar lacunas deixadas pelo ensino, apoiando assim a utilização deste jogo. Piaget (2007) afirma que os jogos em si não carregam a capacidade de desenvolvimento conceitual, porém eles acabam suprimindo certas necessidades e funções vitais ao desenvolvimento intelectual e consequentemente, da aprendizagem.

A complexidade da genética relativa ao controle gênico nas características fenotípicas pode ser facilitada com a utilização desse jogo, pois materializa abordagens muitas vezes repousadas na abstração e permite ainda que o aluno visualize a relação entre dominância e recessividade a medida que se diverte, sendo possível ser utilizado tanto no ensino médio como no ensino superior.

A dificuldade em materializar e compreender efetivamente o conteúdo molecular impede a progressão intelectual do alunado. Isso incita-os a memorizar terminologias e procedimentos de forma desconexa da sua realidade. Alves (1982, p. 28) defende que “O educador tem que ser político e inovador, integrado consciente e ativamente no social, onde sua escola está inserida [...]”. Portanto, deve tratar dos assuntos em sala de aula de forma paralela ao cotidiano do aluno, para que a construção do conhecimento não seja restrita ao momento de ensino e acompanhe-o ao sair da escola. Portanto, o conteúdo não deve ser algo necessário apenas para a progressão escolar, deve estar em ativa e constante presença no cotidiano do aluno.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. **Filosofia das ciências**: introdução ao jogo e suas regras. São Paulo: Braziliense, 1982.
- BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; SUTCLIFFE, R. G. Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. **Journal of Biological Education**, New York, v. 33, n. 3, p. 134–141, 1999.
- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BRAGHINI, C. R. Mudando o foco do professor para a atividade: novas tecnologias e metodologias no ensino de Biologia. *In*: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia - EPEB, 6. 1997, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: FEUSP, 1998 p. 182-185.
- BRANICKI, W.; BRUDNIK, U.; DRAUS-BARINI, J.; KUPIEC, T.; WOJAS-PELC, A. Association of the SLC45A2 gene with physiological human hair colour variation. **Journal of Human Genetics**, London, v. 53, p. 966–971, 2008.
- BROWNELL, S.E.; TANNER, K.D. Barriers to faculty pedagogical change: lack of training, time, incentives, and... tensions with professional identity? **CBE-Life Sciences Education**, Bethesda, v. 11, n. 4, p. 339-346, 2012.
- BURNATT, S.T.G. **Utilizando os jogos didáticos para o ensino de Genética**. 2014. 35 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- CHATTOPADHYAY, A. Understanding of genetic information in higher secondary students in northeast India and the implications for genetics education. **Cell Biology Education**, Bethesda, v. 4, p. 97-104, 2005.
- CRUZ, G.B. Ensino de didática e aprendizagem da docência na formação inicial de professores. **Cadernos de Pesquisas**, São Paulo, v.47, n.166 p.1166-1195, 2017.
- DUNCAN, R.G.; REISER, B.J. Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of molecular genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 44, n. 7, p. 938–959, 2007.
- DUNCAN, R.G., ROGAT, A.D.; YARDEN, A. A. learning progression for deepening students' understandings of modern genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v.46, n. 6, p.655–674, 2009.
- GONZAGA, G. R.; MIRANDA, J. C.; FERREIRA, M. L.; COSTA, R. C.; FREITAS, C. C. C., FARIA, A. C. O. Jogos didáticos para o ensino de Ciências. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 7, p. 01, 2017.
- KANETSKY, P. A.; SWOYER, J.; PANOSSIAN, A.; HOLMES, R.; GUERRY, D. REBBECK, T. R. A polymorphism in the agouti signaling protein gene is associated with human pigmentation. **American Journal of Human Genetics**, Baltimore, v. 70, n. 3, p. 770–775, 2002.

MARANO, L.A. **Estudo da diversidade dos genes MC1R e SLC24A5 em populações globais:** avaliação de aspectos evolutivos e ambientais. 2015. 157 f. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2015.

MOURA, J.; DEUS, M. S. M.; GONÇALVES, N. M. N., PERON, A. P. *Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão.* **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, 2013.

NORTON, H.L.; KITTLES, R.A.; PARRA, E.; MCKEIGUE, P.; MAO, X.; CHENG, K.; CANFIED, V.A.; BRADLEY, D.G.; MCEVOY, B.; SHRIVER, M.D. Genetic evidence for the convergent evolution of light skin in Europeans and east Asians. **Molecular Biology and Evolution**, Chicago, v. 24, n. 3, p. 710-722, 2007.

OLIVEIRA, V.S. **Ser bacharel e professor:** sentidos e relações entre o bacharelado e à docência universitária. 2011. 248 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PAIVA, A.; MARTINS, C. Concepções prévias de alunos do terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005.

PIAGET, J. **A Epistemologia Genética**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

RIBEIRO, T.; PAZ, M.; PEREIRA, S. **Game of genomes:** didactic adaptation of the Nature's Dice Kit (NCBE). Braga, Portugal: Hands-on Science, 2017.

SCHNEIDER, M. R.; SCHMIDT-ULLRICH, R.; PAUS, R. The hair follicle as a dynamic miniorgan. **Current Biology**, Cambridge, v. 19, n. 3, p. 132-42, 2009.

SILVA, M.A.S.; SOARES, I.R.; ALVES, F.C.; SANTOS, M.N.B. Utilização de Recursos Didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma Escola Pública de Teresina no Piauí. *In:* CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012. **Anais [...]**. Palmas, 2012. p. 1-6.

SMITH, R.; HEALY, E.; SIDDIQUI, S.; FLANAGAN, N.; STEIJLEN, P.; ROSDAHL, I.; JACQUES, J. P.; ROGERS, S.; TURNER, R.; JACKSON, I.J.; BIRCH-MACHIN, M. A.; REES, J.L. Melanocortin 1 receptor variants in an Irish population. **Journal of Investigative Dermatology**, Northborough, v. 111, n. 1, p. 119-122, 1998.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: teoria, métodos e aplicações. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008. **Anais [...]**. Curitiba: UFPR, 2008. p. 1-12.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de genética**. Tradução de: Cláudia Lúcia Caetano de Araújo. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

STURM, R.A.; FRUDAKIS, T.N. Eye colour: portals into pigmentation genes and ancestry. **Trends in Genetics**, Amsterdam, n. 20, v. 8, p. 327–332, 2004.

STURM, R.A. Molecular genetics of human pigmentation diversity. **Human Molecular Genetics**, Oxford, v. 18, n. R1, p. R9–R17, 2009.

TORRES, H. C.; HORTALE, V. A.; SCHALL, V. A experiência de jogos em grupos operativos na educação para a saúde para diabéticos. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 1039-1047, 2003.

TSUI, C.Y.; TREAGUST, D.F. Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 44, n. 2, p. 205–235, 2007.

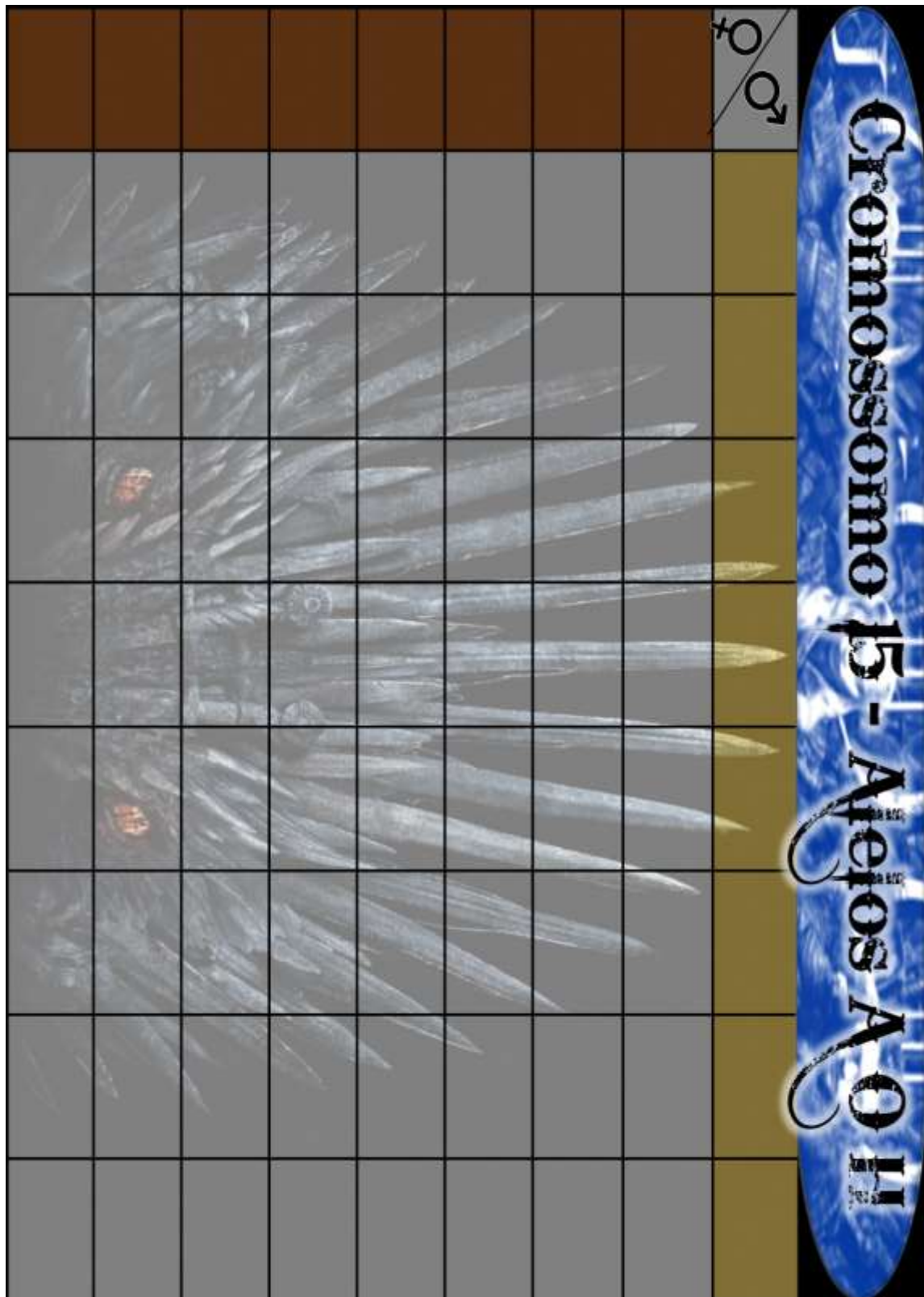
REBBECK, T.R.; KANETSKY, P.A.; WALKER, A.H.; HOLMES, R.; HALPERN, A.C.; SCHUCHTER, L.M.; ELDER, D.E.; GUERRY, D. P gene as an inherited biomarker of human eye color. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, Philadelphia, v. 11, n. 8, p. 782-784, 2002.

VIANNA-MORGANTE, A., ROSENBERG, A. As variações do genoma e a diversidade humana. **REVISTA USP**, São Paulo, n. 75, p. 62-67, 2007.

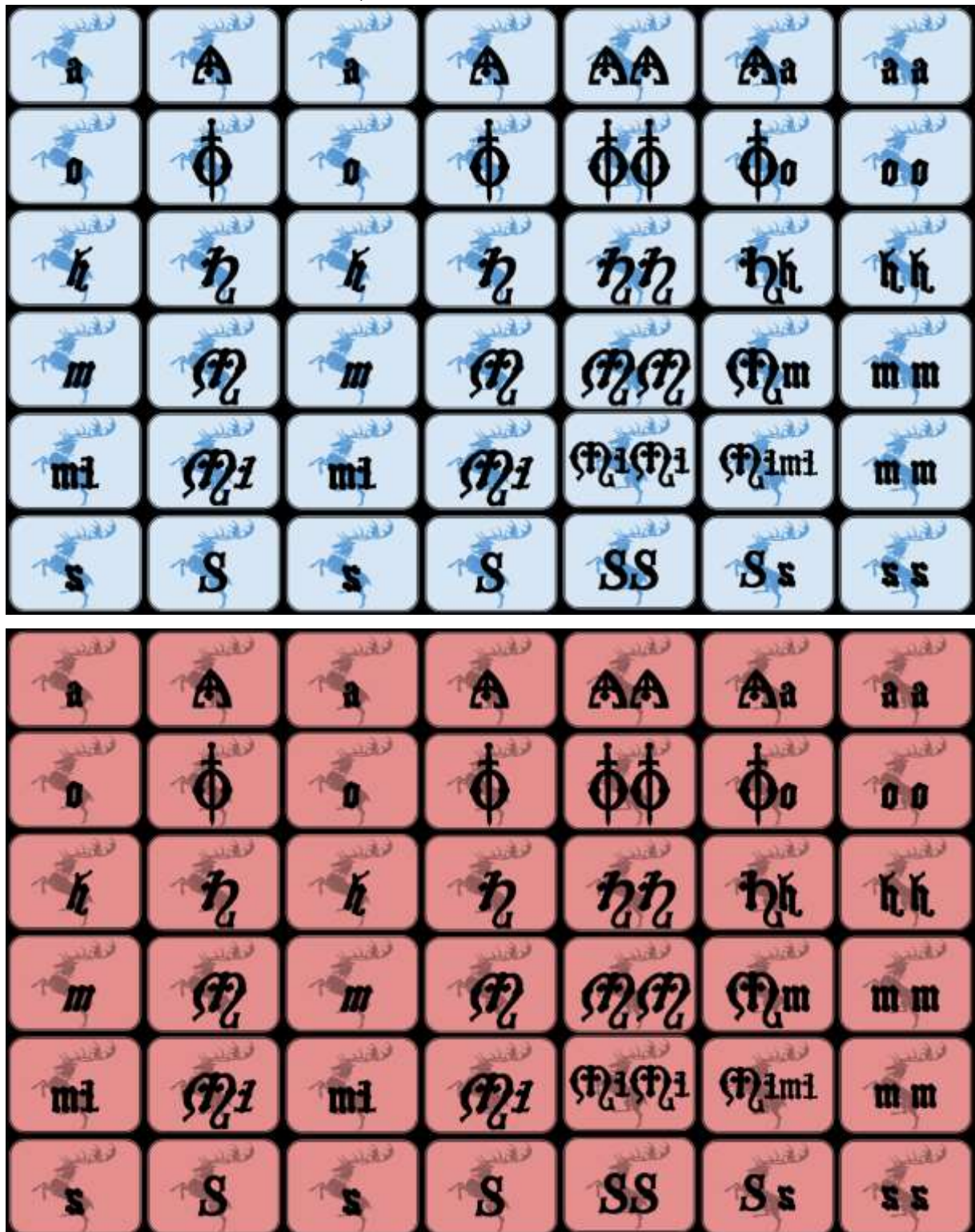
VILELA, M. R. **A produção de atividades experimentais em genética no ensino médio**. 2007. 50 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências por Investigação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

WILSON, S.; GINGER, R. S.; DADD, T.; GUNN, D.; LIM, F. L.; SAWICKA, M.; SANDEL, M.; SCHNETKAMP, P. P.; GREEN, M. R. NCKX5, a natural regulator of human skin colour variation, regulates the expression of key pigment genes MC1R and alpha-MSH and alters cholesterol homeostasis in normal human melanocytes. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 961, p. 95-107, 2013.

APÊNDICE A – IMAGENS DOS QUADROS DE PUNNETT PARA APLICAR OS GENÓTIPOS DOS CROMOSSOMOS 15, 16 E 19



APÊNDICE B – IMAGENS DOS ALELOS E GENÓTIPOS PARA APLICAR AOS QUADROS DO ANEXO A



**APÊNDICE C – CARTÕES DE INSTRUÇÕES DE GENES E ALELOS DAS
CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS DOS PERSONAGENS, NOS CROMOSSOMOS**

♂ VISERYS TARGARYEN ♀			
Cromossomo	Genes e suas Condições	Alelos	
 15	ASIP (Cor do Cabelo) -Estimula a síntese de Feomelanina (coloração avermelhada) no cabelo, quando em completa dominância desativa os Genes MC1R e MC1R1-	a	a
	OCA e HERC (Cor dos Olhos) -Influenciam a síntese de pigmentos escuros e amarelados, respectivamente, quando ambos em completa recessividade caracterizam olhos azuis e quando em heterozigose estabelecem codominância e caracterizam olhos verdes -	o	o
		h	h
 16	MC1R (Cor do Cabelo) -Regula a estimulação na síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando em homozigose recessiva caracteriza o fenótipo loiro-	m	m
	MC1R1 (Cor da Pele) -Regula a síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando recessivos, caracterizam pele branca-	m1	m1
 19	SLC24A5 -Quando em completa recessividade esse gene desativa todos os outros e caracteriza o albinismo-	s	s
			

♀ DAEŦEŦS TARŦARŦEŦ ♀		
Cromossomo	Genes e suas Condições	Alelos
 15	ASIP (Cor do Cabelo) -Estimula a síntese de Feomelanina (coloração avermelhada) no cabelo, quando em completa dominância desativa os Genes MC1R e MC1R1-	a a
	OCARŦEŦ (Cor dos Olhos) -Influenciam a síntese de pigmentos escuros e amarelados, respectivamente, quando ambos em completa recessividade caracterizam olhos azuis e quando em heterozigose estabelecem codominância e caracterizam olhos verdes -	o o
		h h
 16	MC1R (Cor do Cabelo) -Regula a estimulação na síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando em homozigose recessiva caracteriza o fenótipo loiro-	m m
	MC1R1 (Cor da Pele) -Regula a síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando recessivos, caracterizam pele branca-	m1 m1
 19	SLC34A5 -Quando em completa recessividade esse gene desativa todos os outros e caracteriza o albinismo-	s s
		

♂		1 0 1 2 3 4 5		♀
Cromossomo	Genes e suas Condições	Alelos		
 15	ASIP (Cor do Cabelo) -Estimula a síntese de Feomelanina (coloração avermelhada) no cabelo, quando em completa dominância desativa os Genes MC1R e MC1R1-			
	OCA e HERC (Cor dos Olhos) -Influenciam a síntese de pigmentos escuros e amarelados, respectivamente, quando ambos em completa recessividade caracterizam olhos azuis e quando em heterozigose estabelecem codominância e caracterizam olhos verdes -			
				
 16	MC1R (Cor do Cabelo) -Regula a estimulação na síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando em homozigose recessiva caracteriza o fenótipo loiro-			
	MC1R1 (Cor da Pele) -Regula a síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando recessivos, caracterizam pele branca-			
 19	SLC24A5 -Quando em completa recessividade esse gene desativa todos os outros e caracteriza o albinismo-			
				

♀ S A T S A S T A R K ♀			
♣romossomo	Genes e suas Condições	Alelos	
 15	ASIP (Cor do Cabelo) -Estimula a síntese de Feomelanina (coloração avermelhada) no cabelo, quando em completa dominância desativa os Genes MC1R e MC1R1-	a	a
	OCA e HERC (Cor dos Olhos) -Influenciam a síntese de pigmentos escuros e amarelados, respectivamente, quando ambos em completa recessividade caracterizam olhos azuis e quando em heterozigose estabelecem codominância e caracterizam olhos verdes -	o	o
		h	h
 16	MC1R (Cor do Cabelo) -Regula a estimulação na síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando em homozigose recessiva caracteriza o fenótipo loiro-	M	m
	MC1R1 (Cor da Pele) -Regula a síntese de Eumelanina (coloração marrom ou preta), quando recessivos, caracterizam pele branca-	m1	m1
 19	SLC24A5 -Quando em completa recessividade esse gene desativa todos os outros e caracteriza o albinismo-	S	s
			

APÊNDICE D – CARTÃO PARA A DESCOBERTA DOS ALELOS DO FILHO, NA HISTÓRIA GAME OF THRONES

FILHO

Cromossomo	Genes e suas Condições	GENÓTIPO	
 15	ASIP		
	OCA e HERC		
 16	MCR		
	MCR1		
 19	SLC24A5		

MONTE O FENÓTIPO BASEADO NO GENÓTIPO ACIMA:

GAME OF THRONES

APÊNDICE E – FENÓTIPOS DAS CARACTERÍSTICAS ABORDADAS NO JOGO DIDÁTICO



