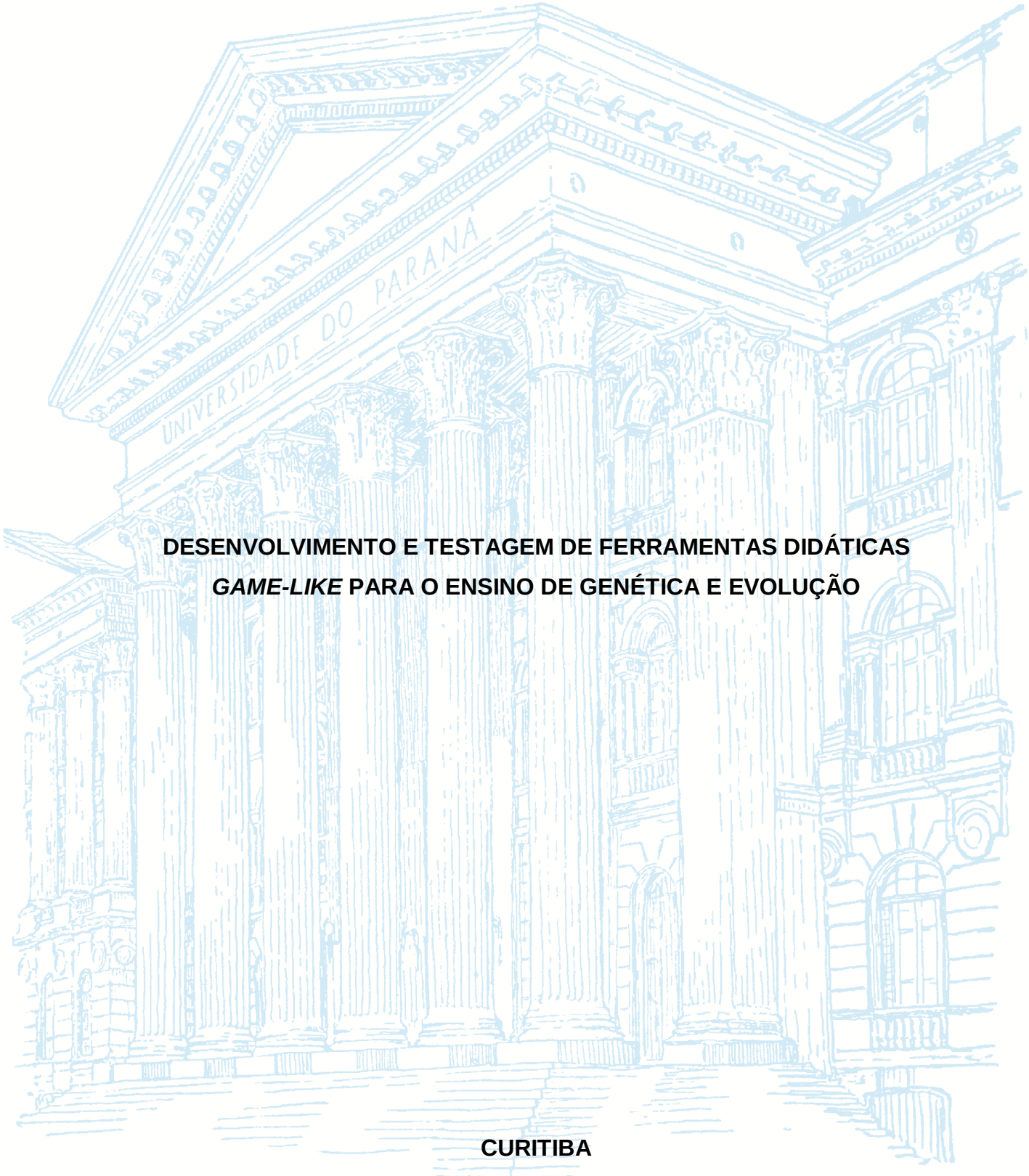
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BENN RICHARD ALLE

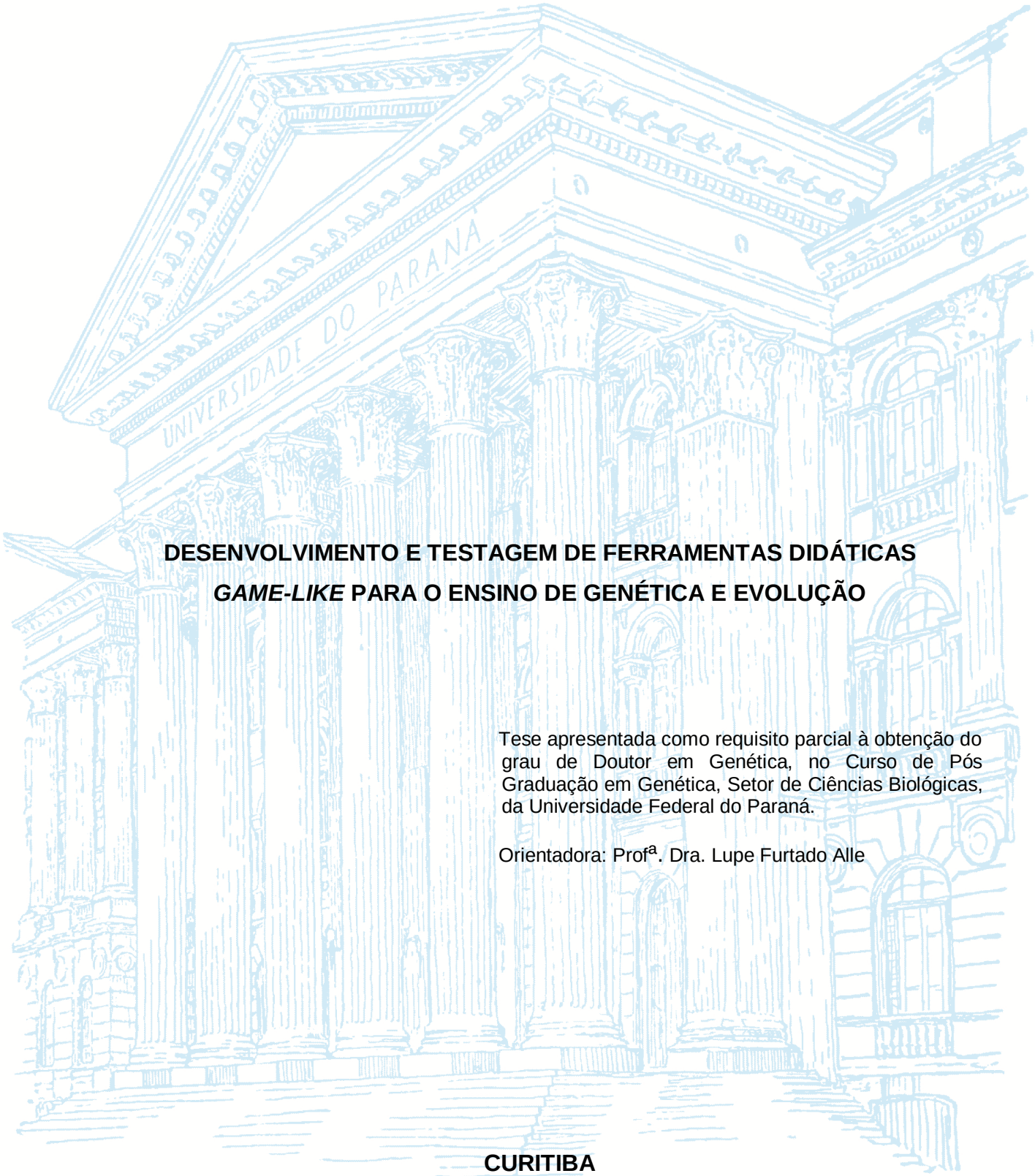


DESENVOLVIMENTO E TESTAGEM DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS *GAME-LIKE* PARA O ENSINO DE GENÉTICA E EVOLUÇÃO

CURITIBA

2017

BENN RICHARD ALLE



DESENVOLVIMENTO E TESTAGEM DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS *GAME-LIKE* PARA O ENSINO DE GENÉTICA E EVOLUÇÃO

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Genética, no Curso de Pós Graduação em Genética, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof[a]. Dra. Lupe Furtado Alle

CURITIBA

2017

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas

Alle, Benn Richard
Desenvolvimento e testagem de ferramentas didáticas *game-like* para o ensino de genética e evolução./ Benn Richard Alle. – Curitiba, 2017.
113 f.: il. ; 30cm.

Orientadora: Lupe Furtado Alle
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Genética.

1. Jogos educativos. 2. Tecnologia educacional. 3. Aprendizagem. I. Título II. Alle, Lupe Furtado. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Genética.

CDD (20. ed.) 575

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação GENÉTICA

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GENÉTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de BENN RICHARD ALLE intitulada: Desenvolvimento e Testagem de Ferramentas Didáticas Game-Like para o Ensino de Genética e Evolução, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 29 de Junho de 2017.

LUPE FURTADO ALLE
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

RICARDO LEHTONEN RODRIGUES DE SOUZA
Avaliador Interno (UFPR)

ÁTILA FERNANDO VISINONI
Avaliador Externo (UFPR)

VANESSA KAVA-CORDEIRO
Avaliador Interno (UFPR)

ANGELA CRISTINA IKEDA
Avaliador Externo (UFPR)

Dedico este trabalho a todas as
formas de vida de todos os universos

AGRADECIMENTOS

RESUMO

O entendimento dos conceitos básicos de genética e evolução, comuns ao ensino médio e a alguns cursos de graduação, necessitam de um razoável grau de abstração. O estudo independente destes conteúdos faz com que os temas sejam abordados de forma desconectada. A utilização de uma ferramenta de simulação permite a interligação dinâmica dos temas e o formato *GAME-LIKE* aumenta o interesse dos participantes. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi desenvolver uma simulação para o ensino de genética e evolução, implementada na forma de um jogo em duas versões, uma analógica feita em papel denominada GEA (Genes e Ambientes) e uma digital com o desenvolvimento de um software denominado eGEA (Genes e Ambientes Eletrônico). A avaliação dos jogos foi feita por meio de oficinas com 312 aprendizes de escolas de ensino médio públicas e privadas e universidades públicas e privadas. A avaliação foi executada por duas abordagens, uma escrita e uma pictórica. A forma escrita foi avaliada de duas formas, quanto ao conteúdo da resposta (correta ou incorreta) e quanto às palavras que foram utilizadas na elaboração das respostas. A forma pictórica (Avatar) foi avaliada a partir de imagens desenvolvidas pelos aprendizes e a sua correspondência com uma lista de informações esperadas pelas interpretações das informações do jogo. Para a divulgação do material foi desenvolvido um sítio eletrônico e publicação em revista de circulação entre professores. Concluímos que as duas versões do jogo apresentam diferença apenas na avaliação pictórica. As respostas escrita ou pictórica estão correlacionadas e as palavras utilizadas nas respostas corretas e incorretas são semelhantes. Além disso, aprendizes de instituições privadas de ensino médio e públicas de ensino superior apresentaram melhor avaliação tanto na forma escrita como na pictórica.

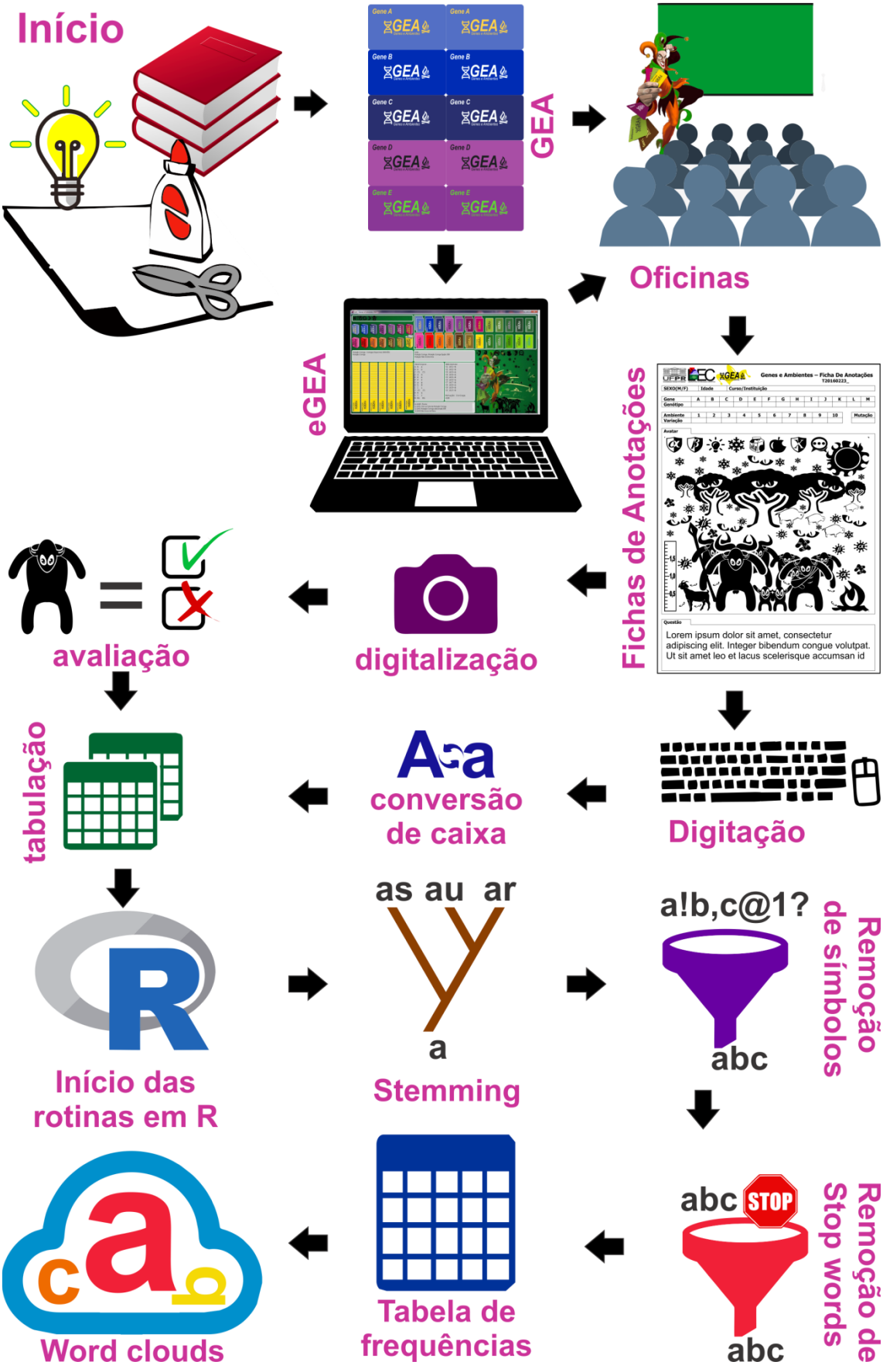
Palavras-chave: Tecnologia educacional; Ambientes de aprendizagem interativos; Jogos educativos; Genética; Gamificação; Aprendizagem baseada em jogos;

ABSTRACT

The basic concepts of genetics and evolution, common to high school and some undergraduate courses, require a reasonable degree of abstraction. The independent study of these contents causes subjects to be addressed in a disconnected way. The use of a simulation tool allows the dynamic interconnection of these concepts and the GAME-LIKE format increases the interest of the participants. Therefore, the objective of this work was to develop a simulation to teach genetics and evolution, implemented in the form of a game in two versions, an analogical one, called GEA (Genes and Environments) and a digital one with the development of a software called eGEA (Genes and Environments Electronic). The evaluation of the games was performed through workshops with private and state high schools and universities. Two approaches were used, one written and one pictorial. The written form was evaluated in two ways: the answers per se (correct or incorrect) and the words used in the answers. The pictorial form (Avatar) was evaluated from images developed by apprentices and their correspondence with a list of information expected from the interpretations of the game information. For sharing the work, an internet site and a publication on a magazine with circulation among teachers were developed. In conclusion, significant difference between the two versions of the game was found only in pictorial evaluation. Written and pictorial responses are correlated and the words used for correct and incorrect responses are similar. In addition, private high schools and state universities presented better evaluation in both written and pictorial responses.

Key-words: Educational technology; Interactive learning; Tools and methods of creation; Educational games; Genetics; Gamification; Learning in games; Computer games;

RESUMO GRÁFICO



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Interface do sítio eletrônico de agregação de mini-jogos MINICLIP 15
FIGURA 02 - Interface do sítio eletrônico de agregação de mini-jogos YEPI.....15
FIGURA 03 - Interface gráfica do Populus 19
FIGURA 04 - Interface gráfica do KURI.....21
FIGURA 05 - Interface gráfica paramétrica do simulador PopGen Fishbowl.....22
FIGURA 06 - Interface gráfica paramétrica do Random Genetic Drift.....23
FIGURA 07 - Interfaces gráficas do Simulador de Laboratório – *Drosophila* 24
FIGURA 08 - Exemplos de Avatar.....30
FIGURA 09 - Sítio eletrônico de disponibilização de arquivos do jogo GEA 32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVA	- Ambiente Virtual de Aprendizado
EAD	- Educação a Distância
eGEA	- Jogo Genes e Ambientes (Versão Eletrônica)
GEA	- Jogo Genes e Ambientes (Versão em Papel)
GPL	- General Public License
POO	- Programação Orientada a Objetos
RAD	- Rapid Application Development
TICs	- Tecnologias Da Informação E Comunicação

LISTA DE SÍMBOLOS

©	- copyright
®	- marca registrada
™	- Trade Mark

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 OBJETIVOS 12
1.2 JUSTIFICATIVA 13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
2.1 SIMULAÇÕES 16
2.1.1 Simulação com Fins Educacionais 18
2.1.1.1 POPULUS 18
2.1.1.2 SIGEX 19
2.1.1.3 KURI 20
2.1.1.4 PopGen Fishbowl 21
2.1.1.5 Random Genetic Drift 22
2.1.1.6 VCISE - The Virtual Courseware for Inquiry-based Science Education 23
2.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARES 24
3 MATERIAL E MÉTODOS 26
3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO GEA 26
3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO EGEA 27
3.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS VERSÕES DO JOGO 27
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA 31
4 RESULTADOS 32
5 CAPÍTULO 1 33
6 CAPÍTULO 2 84
7 CONCLUSÕES 108
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 109
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 110

1 INTRODUÇÃO

O lúdico tem sido a tônica nos usos diversificados das TICs (Tecnologias Da Informação E Comunicação), motivo pelo qual elas se tornaram muito sedutoras.

Os computadores eletrônicos, como o nome sugere, são máquinas eletrônicas de calcular. Os resultados dos cálculos e a forma como são apresentados dependem de como as instruções foram passadas para estas máquinas. Os computadores podem ser utilizados para diversas funções, sempre dependendo das instruções que lhe foram passadas. As instruções são passadas ao computador por meio de programas de computador, também chamados de softwares, que possuem o conjunto de comandos necessários para que o computador faça determinado cálculo. Para efetuar estes cálculos, os softwares freqüentemente precisam de informações complementares, informadas pela pessoa que está operando o computador, o usuário, e de informações que já estejam armazenadas ou acessíveis ao computador, esteja ela no seu HD (disco rígido), SD (cartão de memória), ou na Nuvem (uma base de dados acessível pela Internet), entre outros meios de armazenamento de dados possíveis. Estas ferramentas computacionais podem ter diversas aplicações, sempre dependendo da finalidade para a qual foram desenvolvidas. Um software que permita ouvir uma música em seu computador pessoal, nada mais é do que um conjunto de instruções que fazem com que o computador efetue os cálculos necessários para que a informação armazenada em meio digital seja transformada em um som audível. Considerando que podemos utilizar as ferramentas computacionais para os mais diversos usos, no presente trabalho as utilizamos com cunho didático. Trabalhos como o de Galvis Panqueva (1988) dedicam parte de seu estudo à taxonomia destes softwares baseados em sua função, como a seguir:

TUTORIAIS, caracterizados por transmitir informações pedagogicamente organizadas guiando o aprendiz através das distintas fases da aprendizagem, estabelecendo uma relação informal com o mesmo;

EXERCÍCIOS E PRÁTICAS que enfatizam a apresentação das lições ou exercícios nos quais a ação do aprendiz pode ser livro eletrônico ou um hipertexto;

SIMULADORES E JOGOS EDUCATIVOS, que fornecem suporte à aprendizagem com situações que se assemelhem à realidade. Os jogos introduzem

um componente lúdico e de entretenimento, já a simulação possibilita a vivência de situações difíceis ou até perigosas de serem reproduzidas em aula.

Mesmo com esta taxonomia proposta, muitos softwares podem incluir várias funcionalidades de classificações distintas, como um simulador que possui um tutorial sobre o assunto simulado e instruções de uso do simulador e ainda conter exercícios com esta ferramenta.

Em um crescente, novas ferramentas computacionais são desenvolvidas utilizando-se das várias possibilidades permitidas pela utilização e popularização da internet. Em certos casos, novas roupagens de ferramentas já existentes há séculos tomam novas aplicações e ampliam seu alcance, como exemplo, a Educação a Distância (EAD). Um marco para esta forma de ensino data de 1728 e era anunciado na Gazeta de Boston, pelo professor de taquigrafia Cauleb Phillips:

> “Toda pessoa da região, desejosa de aprender esta arte, pode receber em sua casa várias lições semanalmente e ser perfeitamente instruída, como as pessoas que vivem em Boston” (SARAIVA, 1996).

A EAD em formato eletrônico já é uma realidade que tem sido estimulada pela diminuição de custos, falta de limitações físicas e facilidades na questão temporal. Ferramentas chamadas de Ambiente Virtual de Aprendizado (AVA) são desenvolvidas de forma colaborativa e de uso gratuito, para dar suporte a esta nova modalidade de aprendizagem.

Um aspecto importante do ambiente de EAD é permitir a utilização de outros tipos de softwares, como os de simulações, virtualizações e jogos, sendo este último tipo o foco do desenvolvimento do presente trabalho. Embora existam muitas ferramentas computacionais didáticas disponíveis, muitas delas são desenvolvidas em inglês e sem um sistema multilíngue que dê suporte a nossa língua portuguesa, o que dificulta sua aplicação didática nas escolas brasileiras. São raras as ferramentas nacionais como o SIGEX (GONDRO, 2001) e o KURI (ALLE et al., 2009) que podem auxiliar no ensino de genética dentro do universo de softwares educativos.

Este trabalho consistiu no desenvolvimento e avaliação de duas ferramentas, uma em mídia de papel, o jogo GEA (Genes e Ambientes) e uma computacional, o jogo eGEA (Genes e Ambientes Eletrônico) que podem ser

utilizadas para ensino de Genética e Evolução de uma forma mais simples e com viabilidade de ser utilizada em sala de aula, seja no ensino médio ou superior.

A versão computacional eGEA, pretende-se desenvolver o jogo com a mesma ideia da GPL (General Public License), disponibilizando o código fonte do sistema na internet (Wide World Web) para que pessoas interessadas em dar continuidade ao projeto tendo acesso aos códigos fontes. Para a avaliação dos jogos gerados uma consideração sobre as inteligências múltiplas foi considerada com a utilização de um Avatar. O conceito de Avatar inicialmente é religião hindu, que trata da encarnação de um espírito, mas atualmente também é utilizado como uma representação de um cibernauta em um ciberespaço, uma transcendência da imagem do usuário. O Avatar considerado neste trabalho é a representação pictórica dos espécimes hipotéticos e ambientes gerados pelo jogo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e testar ferramentas analógicas e computacionais *"Game Like"* para auxiliar na compreensão e demonstração dos tópicos de Genética e Evolução no ensino médio e de graduação de cursos de Ciências Biológicas e da Saúde.

1.1.2 Objetivos Específicos

1.1.2.1 Desenvolver e testar com alunos do ensino médio e superior o jogo GEA (Genes e Ambientes) em sua versão em papel.

1.1.2.2 Desenvolver e testar com alunos do ensino médio e superior uma versão computacional do jogo GEA, o eGEA (Genes e Ambientes Eletrônico).

1.1.2.3 Comparar a eficiência das duas versões do GEA entre alunos do ensino médio e superior.

1.1.2.4 Viabilizar a distribuição on-line das ferramentas desenvolvidas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os temas de genética e evolução abordados no presente estudo são comuns ao ensino médio e graduações de cursos de Ciências Biológicas e da Saúde. São conceitos básicos e que necessitam de um razoável grau de abstração para a compreensão da à maioria dos temas. Tais temas, em muitos casos, são geralmente estudados de forma segmentada e estática, reflexo da forma em que estão organizadas as disciplinas. O estudo independente das partes desta área do conhecimento faz com que os temas acabem por serem abordados de forma desconectada.

A utilização de um simulador mostra como a interligação dos temas é dinâmica, o formato *GAME-LIKE* do software facilita o engajamento dos participantes.

Além do ensino de Genética e Evolução, os jogos GEA e eGEA podem também ser utilizados como uma forma de eixo temático, orientando a ligação entre temas de meio ambiente, mudanças climáticas, etologia, matemática, estatística e artes, tornando estas ferramentas úteis para desenvolver a multidisciplinaridade do conhecimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

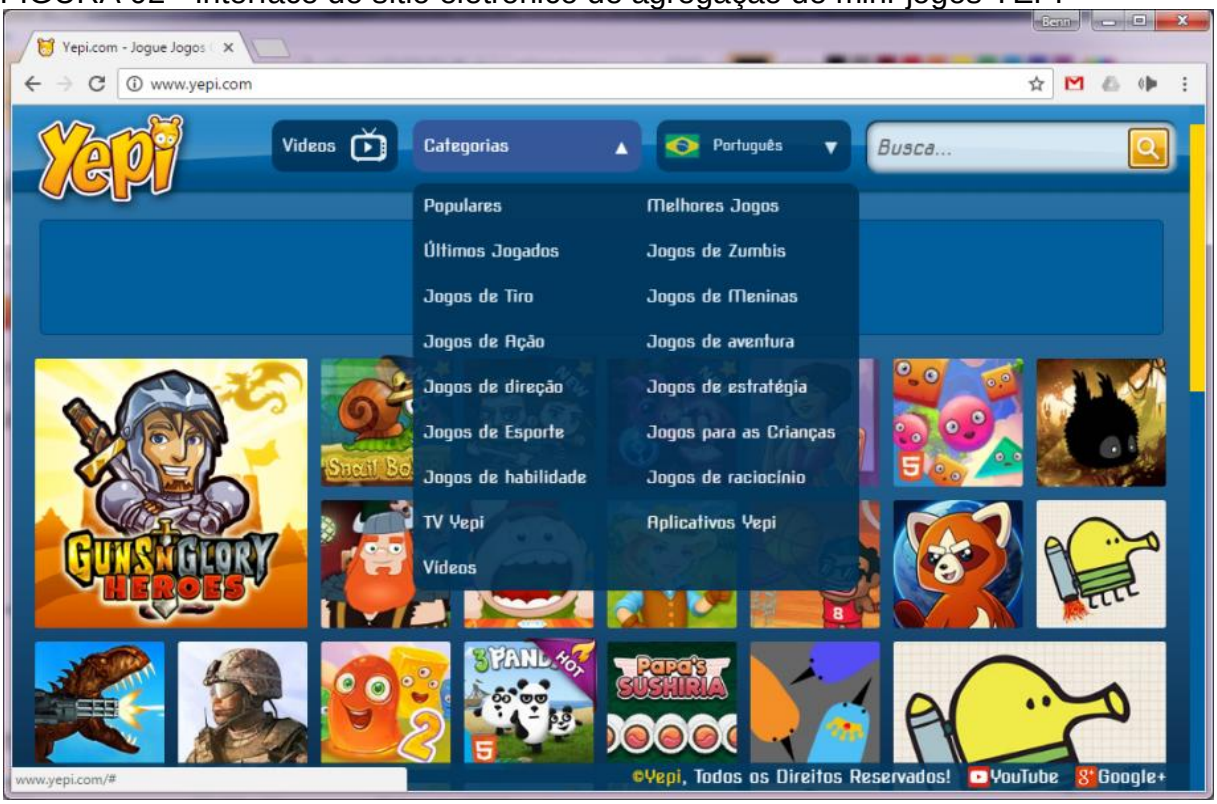
Os computadores pessoais, tablets, smartphones e afins são parte do cotidiano dos estudantes nas escolas e são muitas as horas gastas nestes aparelhos. Boa parte do uso destes aparelhos se dá como plataforma para jogos de entretenimento, mas existe também um interesse crescente em jogos de cunho didático. Tais jogos que são desenvolvidos para aprender ou para treinar uma habilidade que é útil fora do jogo, tornando tais jogos uma excelente ferramenta educacional (JANS et al., 2017).

A complexidade destes jogos varia de muito complexos a muito simples. Jogos complexos são muitos e parte destes são jogos educativos, que possibilitam a solução de muitos problemas ou de problemas também complexos. São jogos que podem prender a atenção dos jogadores, porém sua curva de aprendizagem é grande e o tempo despendido nas partidas é significativo, a exemplo, os jogos de simulações. Jogos muito simples ou mini-jogos também têm sua atratividade, geralmente são jogos que não requerem aprendizado ou grande poder computacional. Existem sítios eletrônicos que agrupam muitos destes jogos, que geralmente são gratuitos e não necessitam que se baixe ou se instale o jogo no aparelho. A FIGURA 01 e a FIGURA 02 representam cópias da tela de dois destes sítios eletrônicos de agregação de mini-jogos.

FIGURA 01 - Interface do sítio eletrônico de agregação de mini-jogos MINICLIP

FONTE: Cópia do sítio eletrônico. Disponível em: <www.miniclip.com> Acesso em: março 2017

FIGURA 02 - Interface do sítio eletrônico de agregação de mini-jogos YEPI



FONTE: Cópia de sítio eletrônico. Disponível em: <www.yepi.com> Acesso em: março 2017

Trabalhos como o de Jonker et al. (2009) demonstram que mini-jogos, curtos e simples, podem se muito úteis para o aprendizado. Desta forma, mini-jogos educativos podem ser uma alternativa mais adequada a uma sala de aula do que grandes jogos (mais complexos), pois sua curva de aprendizagem (processo de aquisição de conhecimento e destreza necessários) costuma ser curta, utilizando-se de experiências anteriores com outros jogos. Os mini-jogos concentram em um ou poucos conceitos e requerem pouco tempo dos participantes para aprender a jogar, podendo assim concentrar mais esforços no conteúdo do que na forma.

2.1 SIMULAÇÕES

De modo geral uma simulação permite experimentar situações sem a necessidade de destruir ou alterar seu objeto de estudo. Para Martinelli (1988) a simulação é um meio de se experimentar ideias e conceitos sob condições que estariam além das possibilidades de se testar na prática, devido ao custo, demora ou riscos envolvidos. Simulações são ferramentas úteis para testar hipóteses, que de outro modo não seriam facilmente testáveis, por questões éticas, de periculosidade, técnicas ou temporais. Simulações computacionais fornecem uma poderosa ferramenta, tanto para cálculos como para predição de situações em que a interação de um dado conjunto de variáveis conduz a resultados que dificilmente seriam obtidos por métodos analíticos. O controle preciso e a leitura das variáveis, que são questões difíceis em experimentos biológicos, não apenas são possíveis em simulações computacionais como são passíveis de inúmeras reproduções.

Em situações reais de estudos de genética de populações são poucas as situações em que são viáveis as genotipagens de 100% das populações e o acompanhamento durante várias gerações também é bastante inviável. São raros os casos em que a população é suficientemente pequena e de ciclo de vida muito curto, de modo a permitir tais análises. Sendo uma população pequena, já se perde um dos pressupostos do teorema de Hardy-Weinberg “pedra angular da genética de populações diplóides” (CROW, 1999).

Desde o início do uso de simulações houve uma ampla e recorrente discussão sobre a validade e credibilidade das mesmas. Pesquisadores argumentam, principalmente, que existe uma falta de comunicação entre quem utiliza as simulações e os especialistas no campo das simulações e também à

relativa juventude das técnicas estatísticas utilizadas neste tipo de análise (VARENNE, 2001).

Para realizar uma simulação é necessário utilizar um modelo, cujo conceito varia conforme o contexto. Um modelo em ciência pode ser definido como uma representação de um sistema por outro mais simplificado, cujo funcionamento é supostamente semelhante ao primeiro, consistindo em uma interpretação simplificada da realidade, ou em um fragmento de um sistema real (BLACKBURN, 1997). Considerando a miríade de modelos possíveis para cada contexto e situação, outra questão que surge é o grau de semelhança com a entidade real que o modelo representa. Caso um modelo tenha tantas variáveis quanto as que existem no mundo real e com a mesma complexidade, o modelo perde sua função, deixa de ser um modelo para ser uma cópia, pouco poderemos aprender com este modelo, ou a análise deste ficará inviável. Desse modo, o conceito de modelo adotado no presente trabalho consiste em uma representação simbólica da realidade, com suas variáveis definidas de forma simplificada, clara e não tendenciosa (CASTI, 1998).

Devido à complexidade dos sistemas biológicos, de acordo com Levin et al. (1997), abordagens computacionais imaginativas e eficientes são essenciais para lidar com esta complexidade. Abordagens matemáticas e computacionais fornecem uma ferramenta poderosa para os estudos de populações e de ecossistemas. Essa questão está historicamente relacionada ao desenvolvimento da estatística e da teoria de sistemas dinâmicos e, recentemente, ao incremento do potencial de computação de alta velocidade que tem aberto novos horizontes e apresentado novos desafios. Desafios-chave incluem caminhos para lidar com dinâmicas coletivas de conjuntos de elementos heterogêneos e com a transposição de escalas, isto é, a dimensão e complexidade do modelo em relação ao sistema modelado (BEDAU, 1999). Em se tratando de sistemas organizados em níveis, Bedau et al.(2000) sugerem que a questão central é compreender como detalhes em um nível de organização afetam os demais níveis.

É possível criar um modelo biológico de um ou vários organismos e, agrupando-os em uma ou várias populações, é possível saber o valor das variáveis que estão interagindo com estes organismos ou com as populações, acompanhando tais variáveis ao longo de muitas gerações. Esse tipo de abordagem é bastante útil para testar hipóteses e modelos teóricos em genética e evolução (CASTI, 1998).

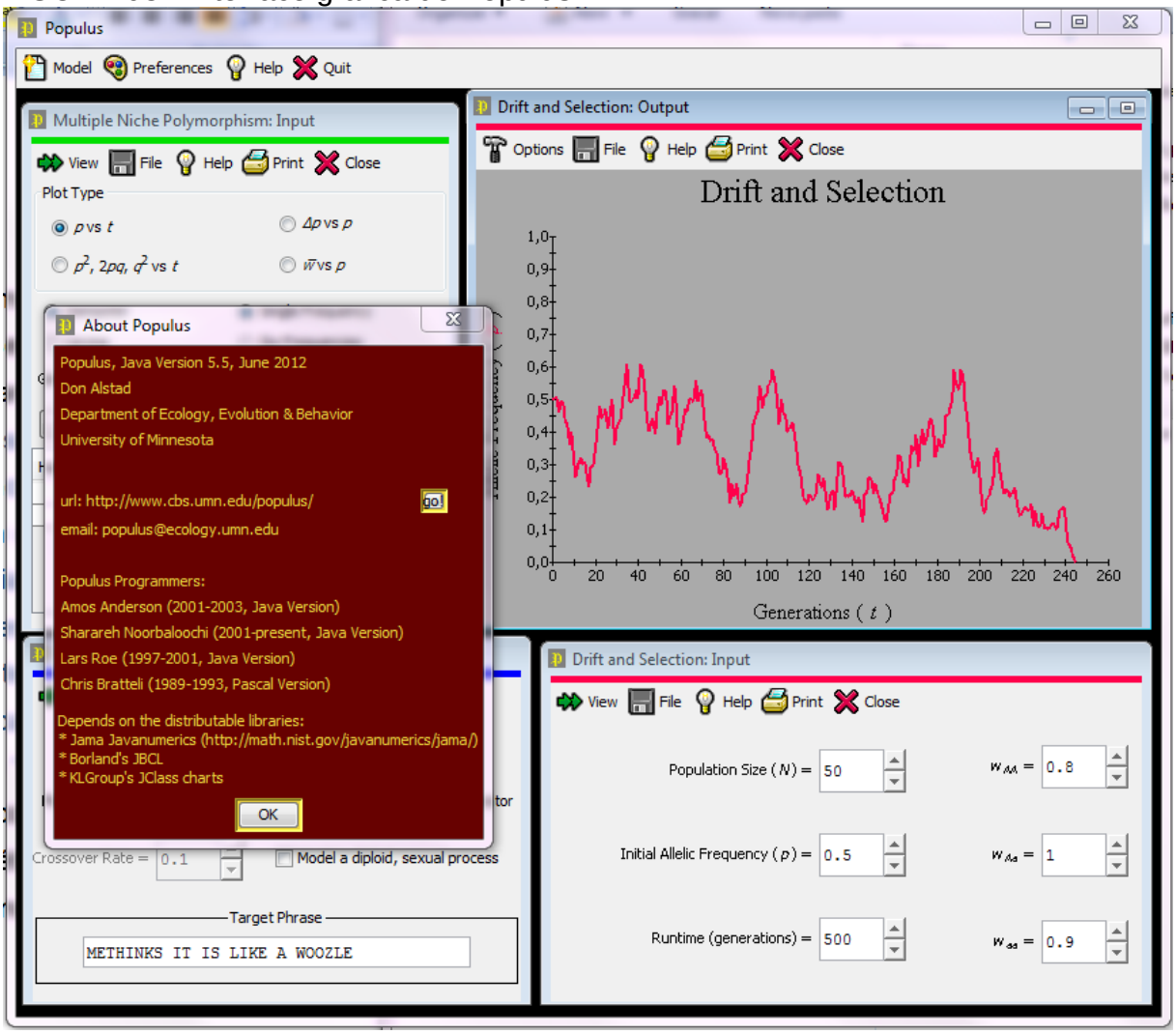
Para montar um modelo biológico é possível começar com apenas um esquema com alguma semelhança ao organismo de estudo. A seguir, o modelo pode ser adequado, ou mesmo identificado, a certa dinâmica do organismo, de modo que tal dinâmica passe a constituir uma regra para o funcionamento do modelo. Há uma melhora significativa do modelo ao se obter uma equivalência entre as partes do modelo e as características do organismo. As populações virtuais simuladas deverão refletir as mesmas propriedades coletivas de populações mendelianas naturais e este deve ser o seu principal critério de validação (GONDRO e MAGALHÃES, 2006).

2.1.1 Simulação com Fins Educacionais

2.1.1.1 POPULUS

Simulações, como um enfoque direcionado para o ensino de genética de populações, podem ser geradas no software POPULUS que é um programa de grande valia didática e amplamente adotado. Criado por Alstad (2001), em sua versão mais atualizada (5.5) foi escrito na linguagem de programação JAVA® o que possibilita que seja utilizado nos principais sistemas operacionais atuais. Lançada em 2012, essa versão do POPULUS contém um conjunto de simulações voltadas para o ensino de Genética de Populações e Ecologia Evolutiva. Os modelos de simulação são escolhidos a partir dos menus e os estudantes podem alterar as caixas de entrada dos parâmetros, mudando os valores padrão do sistema para valores de seu interesse. A maioria dos módulos oferece diversas saídas gráficas do modelo de dinâmica populacional e um arquivo de “Ajuda” é fornecido em formato “pdf” com as explicações dos algoritmos computacionais utilizados. O software é bastante completo dentro desta linha didática, principalmente para demonstrar efeitos de deriva genética, permitindo a determinação da frequência genotípica, mas não do genótipo de cada indivíduo (ALSTAD, 2001). Na FIGURA 03 podemos observar sua interface gráfica.

FIGURA 03 - Interface gráfica do Populus



FONTE: Impressão de tela do software Populus versão 5.5 (2012) em execução

2.1.1.2 SIGEX

No Departamento de Genética da UFPR (Universidade Federal do Paraná) foi desenvolvido um modelo biológico para o estudo de genética de populações, com sua implementação na forma de um software denominado SIGEX, com o objetivo de gerar e analisar dados de genética de populações (GONDRO, 2001). Além de sua utilidade didática, foi utilizado por Takatuzi (2004) em um estudo comparativo entre metodologias para estimar população efetiva. O SIGEX não procura simular uma espécie em particular, mas sim uma espécie genérica (hipotética), na qual funcionam os mecanismos genéticos mais básicos de organismos diplóides, sem autofecundação e com sexo definido pelo padrão cromossômico XX e XY, com

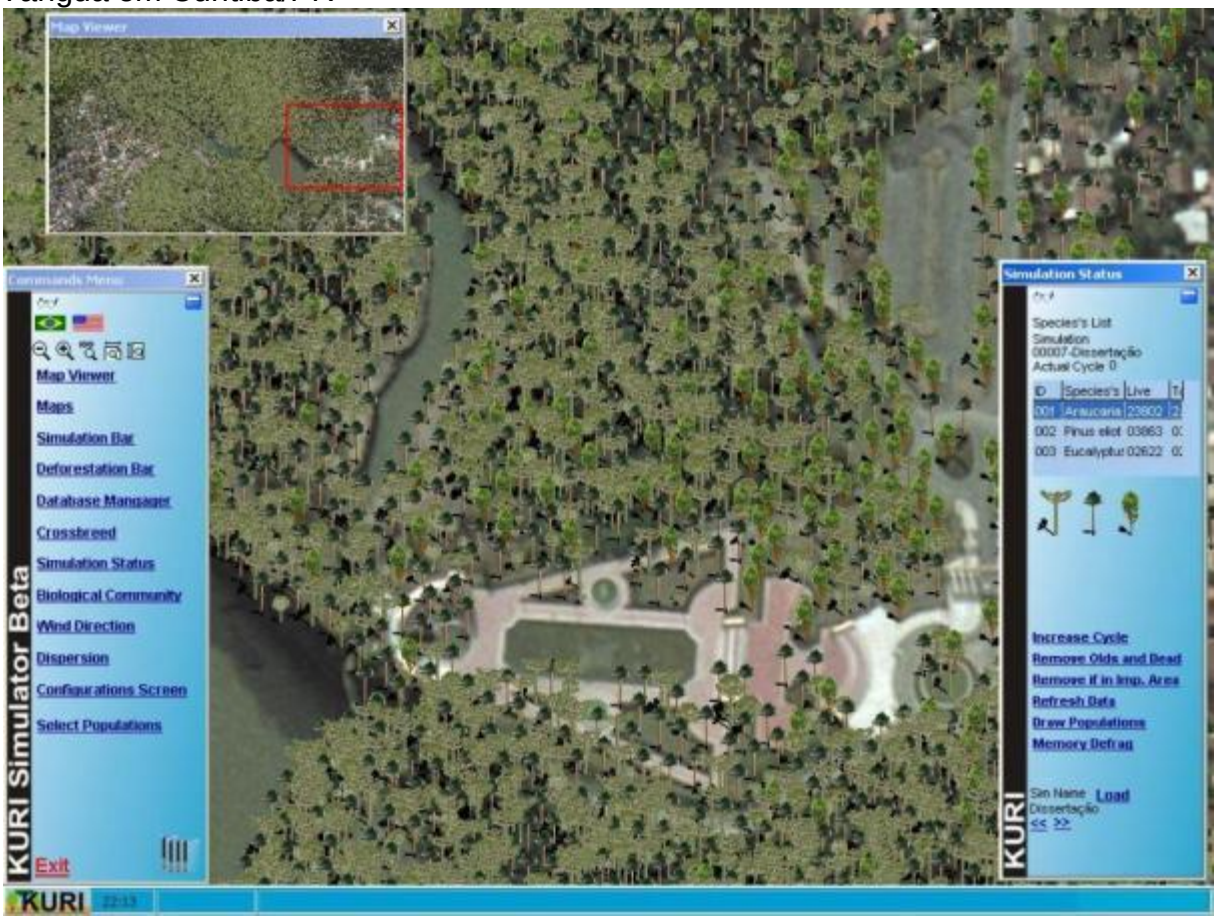
movimentação pelo ambiente virtual, um modelo mais próximo de um animal do que de um vegetal.

2.1.1.3 KURI

O simulador KURI (ALLE et al., 2009), também desenvolvido no Departamento de Genética da UFPR, que pode ser utilizado como ferramenta auxiliar em estudos de dinâmica populacional e no manejo de espécies vegetais perenes, tem como uma de suas funções o ensino de genética de populações, especialmente para ilustrar os efeitos de alterações ecológicas sobre a composição genética de populações de espécies vegetais perenes. O KURI oferece as seguintes aplicações para o ensino de genética de populações: frequências alélicas e genotípicas e sua distribuição; e as mudanças nessas frequências decorrentes de deriva genética, mutação e fluxo gênico. Também permite a inserção de recombinação como fonte de variabilidade genética. Além dessas funções genéticas, o KURI também trabalha com outros parâmetros biológicos de espécies vegetais perenes, tais como raio de dispersão de pólen e de sementes, área de ocupação de cada indivíduo, número máximo de sementes por indivíduo e quantidade de pólen gerada a cada geração. Esses parâmetros biológicos, por sua vez, interagem com características da paisagem escolhida para a simulação, determinadas por cinco parâmetros: áreas de probabilidade nula de nascimento (“áreas impossíveis” – estradas, lagos, edificações); intervenção humana (retirada de espécimes por desmatamento, presença de animais domésticos); profundidade do solo; qualidade do solo e hidrologia. A direção do vento, responsável pela dispersão do pólen e das sementes, também pode ser configurada pelo usuário, refletindo ou não dados reais da área de simulação.

Os usuários podem montar experimentos virtuais, baseado em fotos reais ou esquemas, utilizando tais parâmetros para verificar os resultados gerados por diferentes situações iniciais, tendo como resultados, dados numéricos, listas de genótipos e uma representação gráfica como a mostrada na FIGURA 04.

FIGURA 04 - Interface gráfica do KURI
Representação esquemática do resultado, mostrando a localização dos "organismos" durante uma simulação sobre uma imagem de satélite do Parque Tanguá em Curitiba/PR

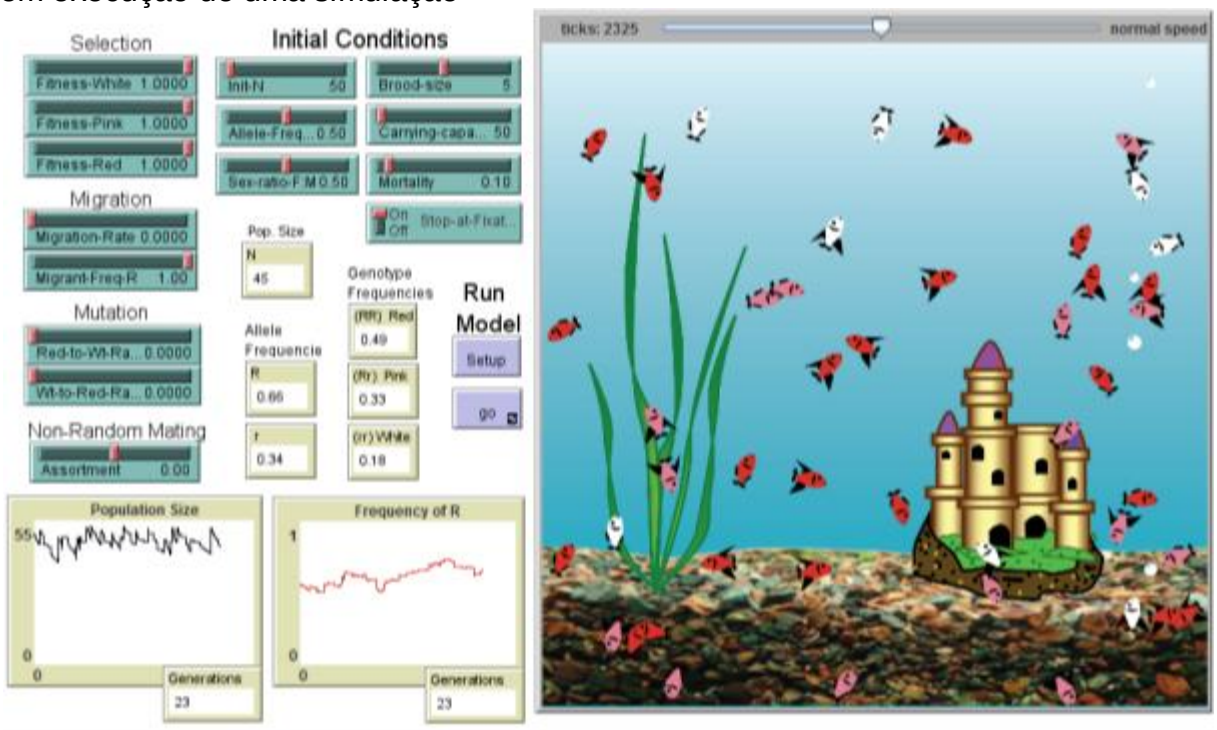


FONTE: Impressão de tela do software KURI em execução

2.1.1.4 PopGen Fishbowl

Este modelo faz parte de um grupo de programas disponível no sítio eletrônico Virtual Biology Lab disponível em <http://virtualbiologylab.org>, desenvolvido por um grupo de pesquisadores da East Tennessee State University entre outras instituições parceiras e disponibiliza atividades para demonstração de princípios ecológicos com simulações que podem ser manipuladas pelos usuários. O programa contém as ferramentas para a realização de experimentos virtuais, violando pressupostos da teoria de Hardy-Weinberg, como tamanho da população infinita,ausência de seleção, mutação, migração e acasalamento não-aleatório. A simulação é disponibilizada via internet e tem sua tela representada na FIGURA 05.

FIGURA 05 - Interface gráfica paramétrica do simulador PopGen Fishbowl em execução de uma simulação

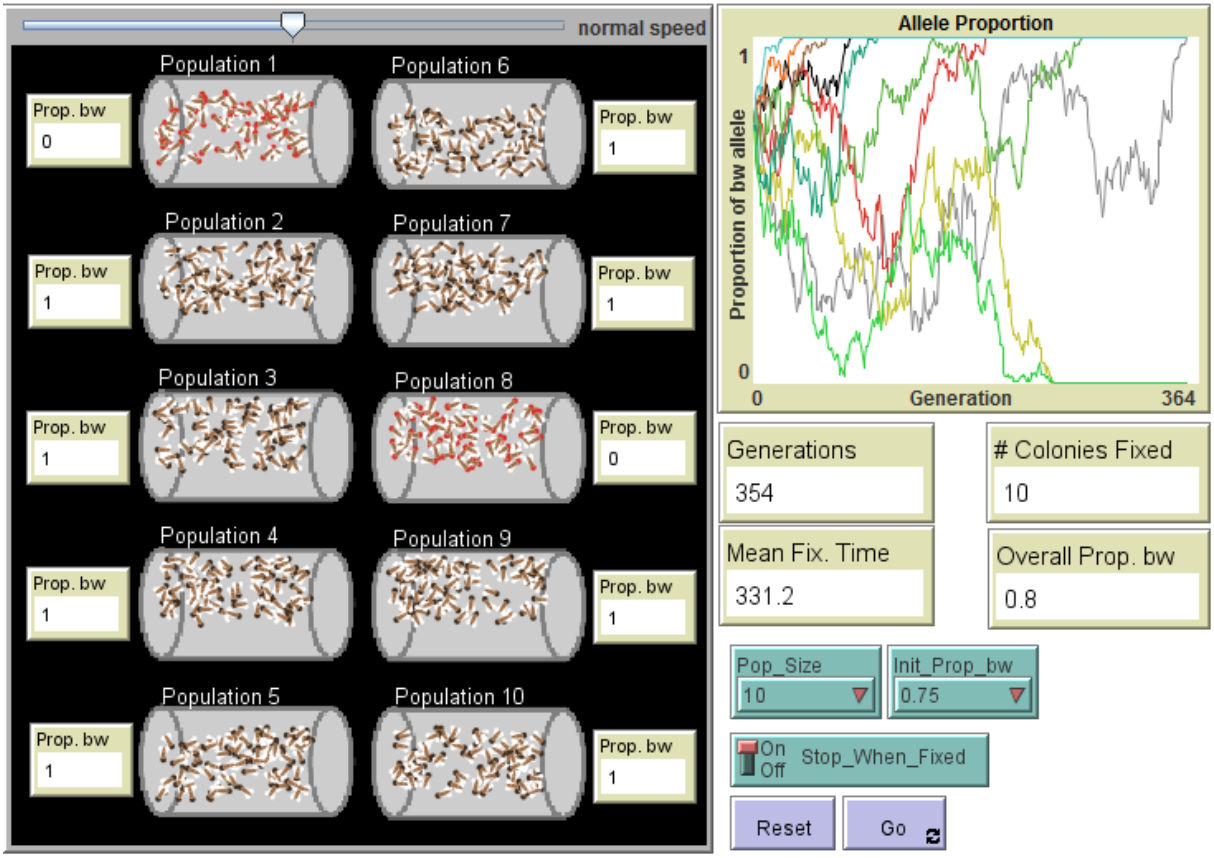


FONTE: Cópia do sítio eletrônico. Disponível em: <http://virtualbiologylab.org/Models/Model_PopGenFishbowl.html> Acesso em: novembro 2016

2.1.1.5 Random Genetic Drift

Simulador parte do Virtual Biology Lab e disponível em <http://virtualbiologylab.org> é uma adaptação do modelo clássico desenhado por Peter Buri em 1956, que documentou a deriva genética em populações de laboratório de *Drosophila*. No modelo, dez frascos com populações de moscas são mantidas em um tamanho de população constante e as proporções de um alelo mutante são acompanhadas ao longo das gerações. O experimento virtual é executado desde alguns segundos a um tempo indeterminado, dependendo do tamanho da população e frequência inicial do alelo, uma vez que a simulação para quando um alelo é fixado na população. O tamanho da população e frequência inicial são informados pelo usuário, de cinco a sete opções predeterminadas. Na FIGURA 06 pode se observar a interface do simulador, disponível através do navegador de internet.

FIGURA 06 - Interface gráfica paramétrica do Random Genetic Drift
Execução de uma simulação



FONTE: Cópia de tela do sítio eletrônico. Disponível em: <http://virtualbiologylab.org/NewModels/Model_GeneticDrift.html> Acesso em: novembro 2016

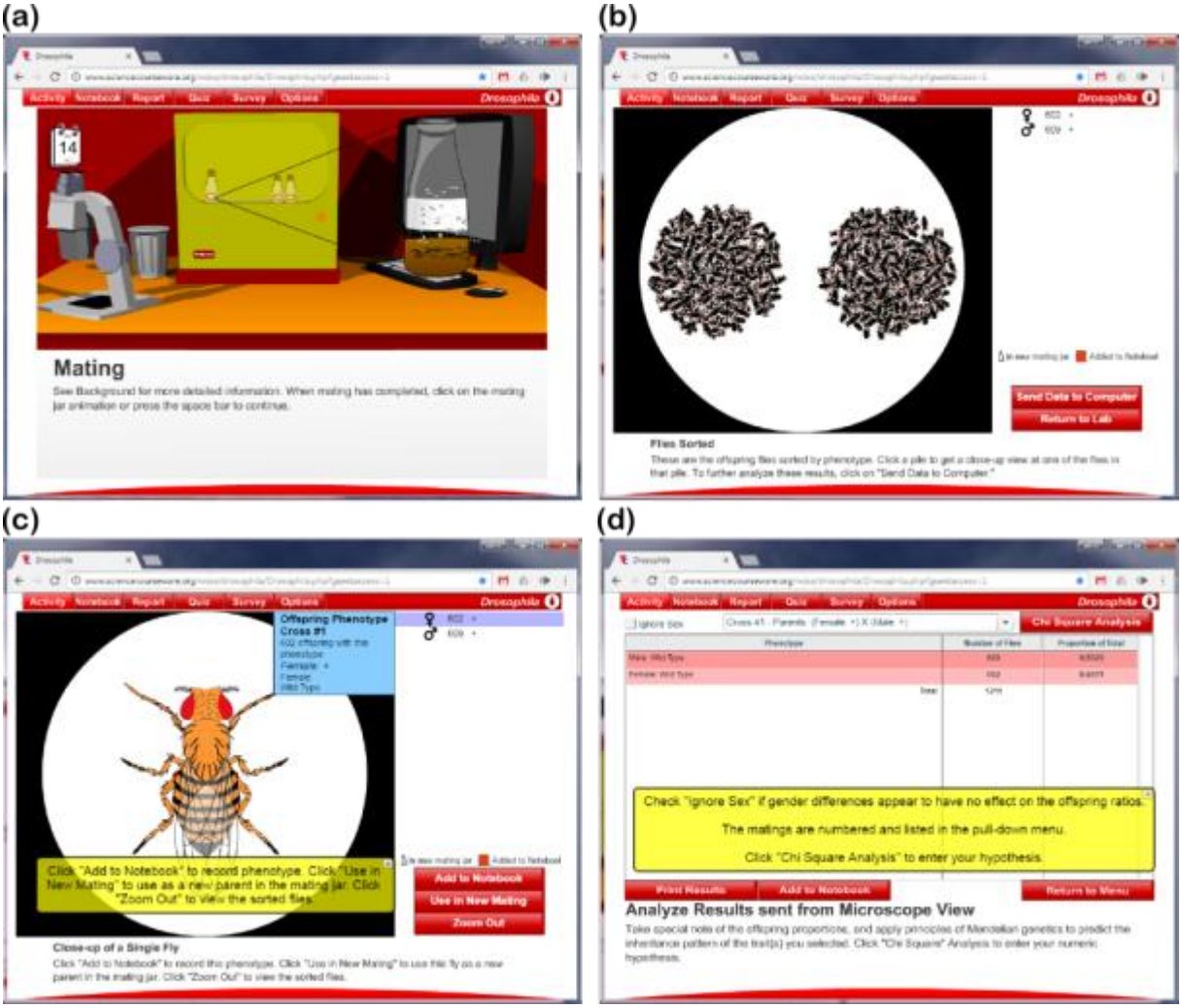
2.1.1.6 VCISE - The Virtual Courseware for Inquiry-based Science Education

Desenvolvido na California State University (Los Angeles) e disponível *on-line* em http://www.sciencecourseware.org/vcise é um conjunto de ferramentas interativas, que possibilitam o uso para simulações de laboratórios experimentais ou trabalhos de campo. A estrutura permite que os usuários desenvolvam experimentos que geram dados, podendo se utilizar estes dados na proposição e teste de hipóteses e análises estatísticas.

Na área de genética, uma atenção especial à utilidade do projeto piloto - *Drosophila* http://www.sciencecourseware.org/vcise/drosophila que consiste em uma simulação de um laboratório de cruzamento de drosófilas, para o estudo de padrões de herança genética. A simulação permite “comprar” os espécimes virtuais (sem custo real) com as mutações desejadas, colocar as amostras em um frasco, levado a uma incubadora para efetuar os cruzamentos e depois observar os resultados em

uma lupa. As imagens representadas na FIGURA 07 são cópias da tela de uma simulação.

FIGURA 07 - Interfaces gráficas do Simulador de Laboratório – *Drosophila*
(a) incubadora, (b) amostras, (c) zoom de um espécime da amostra, (d) dados para análise



FONTE: Cópia de tela do sítio eletrônico. Disponível em: <www.sciencecourseware.org/vcise/drosophila> Acesso em: fevereiro 2017

2.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARES

Para o desenvolvimento do presente trabalho a linguagem de programação escolhida foi a JAVA®, uma linguagem de programação orientada a objetos. Esta linguagem pertence a um grupo de linguagens chamadas de interpretadas, diferente das linguagens convencionais, não é compilada em código de máquina para um sistema operacional específico, mas em um código intermediário (*bytecode*)

interpretado por outra camada de software chamada de máquina virtual, a JVM (Java Virtual Machine). Esta camada intermediaria, entre o sistema operacional e a aplicação em JAVA, pode ser trocada para cada sistema operacional, possibilitando que uma mesma aplicação desenvolvida nesta linguagem possa ser utilizada em diferentes sistemas operacionais, Android, Windows, Linux e diferentes plataformas como celulares, TVs entre outros.

Existem ferramentas de desenvolvimento conhecidas como RAD (Rapid Application Development), que possibilitam um ganho considerável no tempo de desenvolvimento, não é o caso do JAVA®, porém é um software livre GLP (General Public License).

GPL (General Public License) é uma licença de software livre. Um documento informando as regras de distribuição para um software que pode ser distribuído livremente e publicado pelo Projeto GNU. As licenças do Projeto GNU têm o respaldo legal da constituição estadunidense, por terem sido publicadas pela Free software Foundation, e são válidas em todos os países que aceitam o acordo internacional de respeito a patentes e direitos autorais. A GPL permite que programas sejam distribuídos e reaproveitados, mantendo, porém, os direitos do autor, e sem permitir que essa informação seja usada de maneira indevida. A licença não permite, por exemplo, que o código seja apoderado por outra pessoa, ou que sejam impostos sobre ele restrições que impeçam que ele seja distribuído da mesma maneira (livre) que foi adquirido.

Segundo Cantú (1999), muitas vezes o ambiente de desenvolvimento é mais importante que a linguagem de programação, por este motivo a escolha desta ferramenta deve ser criteriosa.

O NetBeans® é um ambiente de desenvolvimento que permite a utilização da linguagem JAVA®, uma interface de desenvolvimento Livre e de código aberto, permitindo assim que a comunidade de usuários crie alterações para o desenvolvimento da ferramenta e sem custos. Esta ferramenta está disponível no sítio eletrônico <https://netbeans.org/>.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO GEA

O jogo desenvolvido tem finalidade predominantemente didática e demonstrativa, com função de auxiliar na compreensão dos conteúdos das aulas de genética e evolução.

Na primeira fase, foram levantados temas de relevância para os níveis que foram trabalhados (ensino médio e graduação) e que deveriam fazer parte das simulações e demonstrações. Tais demandas incluem: interações alélicas de dominância completa e de co-dominância; alelos múltiplos; genótipos e fenótipos; mutações sinônimas e não sinônimas; seleção natural e variação ambiental. O nível de detalhamento pode ser diferenciado para o ensino médio e para cursos de graduação, sendo possível adaptar para cada nível no momento da aplicação da atividade.

Para a elaboração do jogo GEA as seguintes etapas foram realizadas:

1. Elaboração de informações sobre 13 genes fictícios, levando em conta as interações alélicas de dominância, recessividade e co-dominância, e os fenótipos correspondentes;
2. Seleção de 10 conjuntos de condições ambientais nas quais os organismos hipotéticos ocorrem;
3. Criação do evento "mutação coringa" que trabalha conceitos de mutação sinônima e não sinônima;
4. Desenvolvimento de uma mecânica do jogo com um conjunto de instruções e regras;
5. Criação de logomarca e imagens ilustrativas;
6. Diagramação do jogo e montagem de arquivos para melhor aproveitamento do material para a produção em papel;
7. Construção de sítio eletrônico para disponibilização *on-line* dos arquivos para a montagem do GEA.

Uma descrição mais detalhada e o aspecto final do jogo desenvolvido são tratados no CAPÍTULO 1, parte do resultado do presente trabalho já publicado na Revista Genética na Escola (ALLE et al., 2016)

3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO eGEA

Foi realizado o levantamento de requisitos e limitações para o desenvolvimento da versão eletrônica do jogo.

Foram criadas imagens em formatos de arquivo e proporções diferentes das do jogo em papel, bem como a criação das imagens representativas de todas as possibilidades de variação do Avatar gerado automaticamente pelo simulador.

O jogo eletrônico foi desenvolvido utilizando Programação Orientada a Objetos (POO) desenvolvida em linguagem programação em JAVA® e o arquivo foi disponibilizado para *download* em sítio eletrônico.

3.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS VERSÕES DO JOGO

Como forma de avaliação foram feitas oficinas com ambas as versão GEA e eGEA com turmas do ensino médio e cursos de graduação de escolas e universidades públicas e privadas.

Para a versão em papel, as oficinas iniciavam com a apresentação do jogo e explicação sobre as regras, em seguida, realizava-se o sorteio de cartas com as informações dos genes e ambientes. Cada participante anotava as informações sorteadas em uma “Ficha de Anotações” (CAPÍTULO 2). Durante a oficina foram discutidos os conhecimentos à medida que os mesmos surgiam no contexto do jogo. Ao final da rodada do jogo, os alunos criavam um Avatar (representação pictórica dos espécimes gerados e do ambiente em que estes estariam inseridos) na “Ficha de Anotações” e elaboravam um breve texto sobre “Qual a relação existente entre genes e ambientes?”

Para a versão eletrônica, a aplicação de oficinas seguiu os mesmos moldes da versão em papel descrita acima.

A seguir, o detalhamento da avaliação da variação do entendimento das teorias propostas por meio de questionário e quantidade de informações informadas no Avatar.

O RA (Resposta Avatar) é uma pontuação, tipo *score*, com valores inteiros entre 0 e 23. Os valores representam a quantidade de informações correspondentes aos fenótipos e características do ambiente que foram possíveis de identificar na

imagem criada pelos aprendizes. A TABELA 01 apresenta itens a serem considerados e pontuados na avaliação do Avatar.

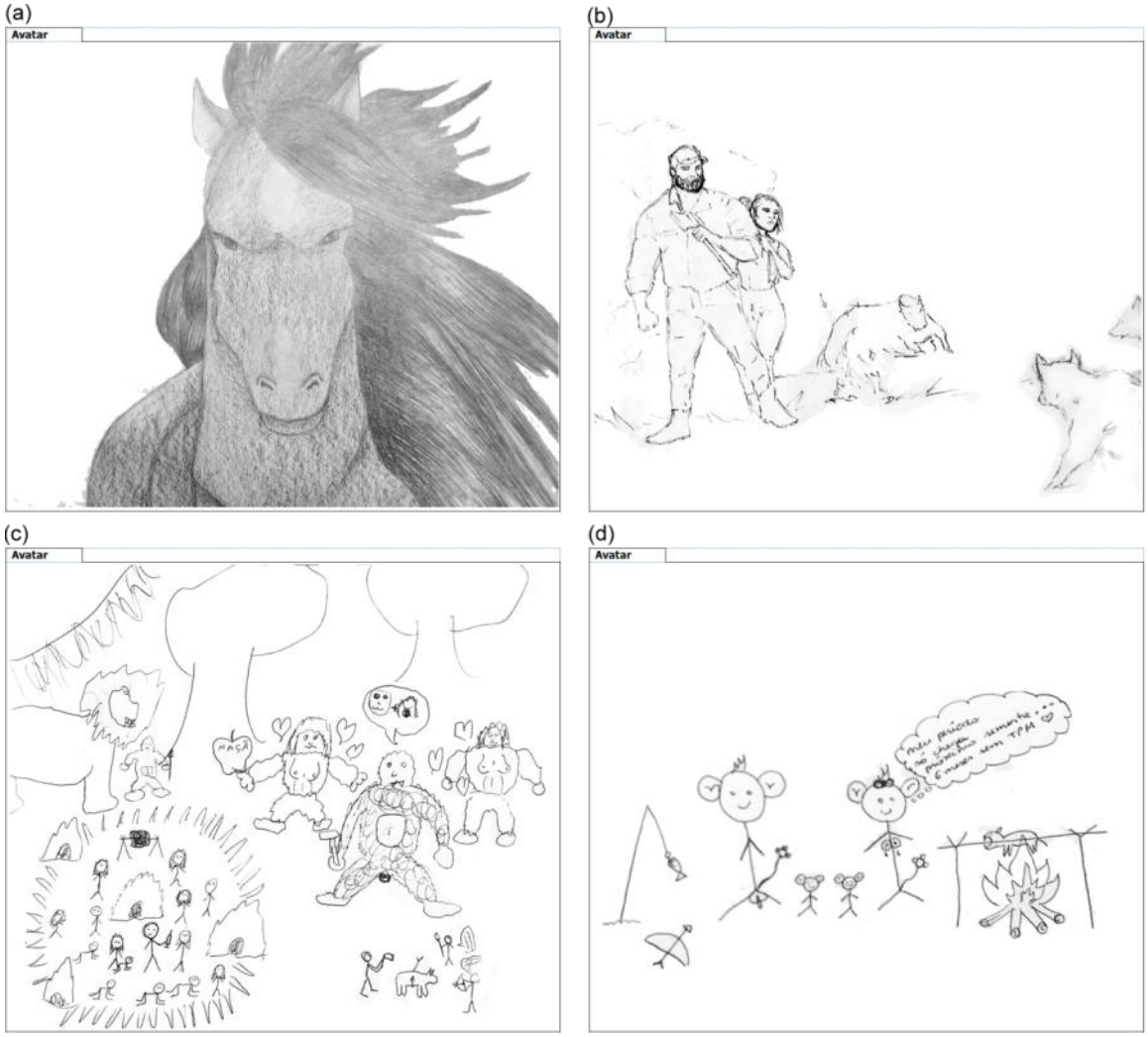
TABELA 01 Lista de Identificadores de Avaliação do Avatar (IAA), itens e variações para avaliação de Avatar dos jogos GEA e eGEA

IAA	Item	Variações
IAA_01	resistência ao vírus alfa	resistência ao vírus alfa suscetibilidade ao vírus alfa
IAA_02	resistência ao vírus beta	suscetibilidade ao vírus beta resistência ao vírus beta
IAA_03	Cuidado parental	Cuidado parental curto Cuidado parental intermediário Cuidado parental longo
IAA_04	Ferramentas	Capacidade de construir ferramentas Capacidade de utilizar “paus e pedras” como ferramentas
IAA_05	Suporte de temperaturas	Suporta temperaturas maiores que 10ºC e menores que 40ºC Suporta temperaturas maiores que -15ºC e menores que 45ºC
IAA_06	Domínio do fogo	Domínio do fogo. Sobrevivem em tmp. de até -15°C e com cuidado parental intermediário pois o fogo afugenta os predadores. Incapacidade de dominar o fogo
IAA_07	Lactase em Adultos	Incapacidade de digerir leite na idade adulta Capacidade de digerir leite na idade adulta
IAA_08	Receptividade Sexual	Fêmeas com estro (cio) “oculto”. Receptivas sexualmente o ano inteiro Fêmeas com estro (cio) semestral. Sexualmente receptivas somente durante o estro
IAA_09	Coloração da pelagem	Coloração escura pelagem preta Coloração clara pelagem bege
IAA_10	Altura dos Indivíduos	Indivíduos de porte PEQUENO. Medem cerca de 0,50m Indivíduos de porte MÉDIO. Medem cerca de 1,20m Indivíduos de porte GRANDE. Medem cerca de 1,70m
IAA_11	Atração Sexual	Macho do tipo “pouco encantador” Macho do tipo “sedutor”
IAA_12	Tamanho dos Testículos	Testículos pequenos Testículos grandes
IAA_13	Cooperação e Linguagem	Grande capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça cérebro grande e linguagem verbal bem desenvolvida Intermediaria capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça cérebro médio e linguagem verbal rudimentar Nenhuma capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça cérebro pequeno e linguagem verbal não desenvolvida
IAA_14	Presença do vírus alfa	Presença do vírus alfa Ausência do vírus alfa
IAA_15	Presença do vírus Beta	Presença do vírus Beta - O vírus Beta causa uma doença respiratória fatal que se manifesta durante o inverno. Os indivíduos resistentes ao vírus beta sobrevivem. Aqueles que são suscetíveis ao vírus só sobrevivem em ambientes que não apresentam inverno rigoroso. Ausência do vírus Beta - A sobrevivência não depende da resistência ao vírus Beta.
IAA_16	Predadores de filhotes	Muitos predadores de filhotes - A sobrevivência dos filhotes depende de cuidado parental prolongado. Poucos predadores de filhotes - A sobrevivência dos filhotes depende apenas de cuidado parental curto.
IAA_17	Hostilidade do Ambiente	Ambiente hostil - Dificuldade de obtenção de alimentos e muitos predadores. Para sobreviver é necessário o uso de “paus e pedras” como ferramentas. Ambiente muito hostil - Dificuldade extrema de obtenção de alimentos e presença de muitos predadores. Para sobreviver é necessária a habilidade de construção de ferramentas específicas.
IAA_18	Temperatura do Ambiente	Temperaturas extremas. Temperatura entre -15ºC e 45ºC. Inverno muito rigoroso e verão muito quente. Clima frio. Temperatura entre -15ºC e 10ºC. Inverno rigoroso e verão ameno. Clima ameno.Temperatura entre 15ºC e 25ºC. Ausência de inverno rigoroso.
IAA_19	Hábito pastoril	Sua população desenvolveu hábito pastoril e portanto a excelente idéia de “roubar” o leite dos outros animais. O leite é um alimento nutritivo e energético. Quem é capaz de digerir leite na idade adulta ganha a seguinte capacidade: sobrevivência em temperaturas de até -5C. Sua população não desenvolveu hábito pastoril. Mesmo que você seja capaz de digerir leite na idade adulta você não terá vantagem alguma...
IAA_20	Presença de bactéria X	Surge uma bactéria (X) que causa uma infecção no aparelho reprodutivo levando a esterilidade das fêmeas. Somente se reproduzem aqueles cujas fêmeas tem estro oculto pois a atividade sexual constante e a presença de esperma no canal vaginal da fêmea protegem da infecção bacteriana. Ausência da bactéria (X). Mesmo sem os fatores de resistência suas fêmeas permanecem férteis.
IAA_21	Tipo de Ambiente	Ambiente de campo aberto. Vegetação baixa e substrato claro. Indivíduos de porte grande e médio sobrevivem independentemente da cor da pelagem. Já os de porte pequeno só sobrevivem se tiverem pelagem clara pois se camuflam. Se a pelagem for escura tornam-se presas fáceis. Ambiente de florestas densas. Indivíduos de porte grande e médio sobrevivem independentemente da cor da pelagem. Já os de porte pequeno só sobrevivem se tiverem pelagem escura pois se camuflam. Se a pelagem for clara tornam-se presas fáceis.
IAA_22	Organização	Organização em Harém - Não apresenta desvantagem para nenhum tipo de macho. Os machos com testículos pequenos conseguem se acasalar facilmente. Organização poligina multimacho - Os machos precisam ter testículos grandes para ter sucesso reprodutivo ou serem machos do tipo “sedutor”.
IAA_23	Tipo de Alimento	Nos períodos de seca é imprescindível a dieta a base de carne devido à indisponibilidade de vegetais. Nas populações onde há cooperação entre os indivíduos a caça é sistemática obtendo-se carne como alimento ocasionando aumento do cérebro e a capacidade de desenvolver linguagem articulada. A linguagem aperfeiçoa os mecanismos de defesa e sobrevivência dos filhotes. Nos períodos úmidos os vegetais são abundantes permitindo a sobrevivência mesmo sem a cooperação entre os indivíduos e linguagem articulada.

É importante salientar que aspecto artístico (se a imagem era considerada bonita ou não) não foi considerado pelo avaliador. Foi considerado apenas o número de informações presentes no Avatar, de acordo com a TABELA 01. A FIGURA 08 representa a montagem de quatro registros selecionados da amostra para exemplificação da avaliação.

FIGURA 08(a) e FIGURA 08(b) são imagens de qualidade artística, porém o número de informações presentes é bastante reduzido em contraposição à FIGURA 08(c) e FIGURA 08(d) com mais informações.

FIGURA 08 - Exemplos de Avatar
Recorte de quatro “Fichas de Anotações” distintas, representando apenas a área do Avatar.



Na FIGURA 08(a) observamos a informação IAA_09 e na FIGURA 08(b) observamos 6 pontos, por conseguir identificar 6 informações da TABELA 01. IAA_04; IAA_09; IAA_11; IAA_12; IAA_17; IAA_21. Nas imagens da FIGURA 08(c) obtém-se 13 pontos (IAA_03; IAA_04; IAA_05; IAA_06; IAA_08; IAA_11; IAA_12; IAA_13; IAA_17; IAA_18; IAA_21; IAA_22; IAA_23) e FIGURA 08(d) podemos identificar 10 pontos (IAA_03; IAA_04; IAA_06; IAA_08; IAA_09; IAA_11; IAA_12; IAA_13; IAA_21; IAA_23).

As avaliações do Avatar exemplificados na FIGURA 08 não consideram as informações anotadas na “Ficha de Anotações”. Em algumas situações a ausência de uma imagem também é uma informação. Como exemplos, a não existência de vírus alfa no ambiente ou, não dominar do fogo. Pode não haver referência gráfica a esta informação e por este motivo todas as imagens foram confrontadas com os dados anotados no momento da avaliação.

O processo de avaliação será retomado no CAPÍTULO 2.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto à normalidade por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors. Para testes de correlação entre as Respostas Escritas (RE) e avaliação do Avatar (RA) foram utilizados teste de correlação de Spearman.

Análises de regressão múltipla foram utilizadas para testar a causalidade entre variáveis dependentes e independentes. Os dados da amostra foram estratificados por Tipo de Instituição de Ensino (TI) se públicas ou privadas, Grau da Instituição (GI) se universitário ou ensino médio e suas médias de RA e RE foram comparadas por teste Mann Whitney para variáveis independentes. Para a análise de *Text Mining* das RE foi utilizado o teste de qui-quadrado com correção de Bonferroni para a comparação da frequências das palavras mais utilizadas. A significância estatística adotada para os testes foi de 0,05 (5%).

4 RESULTADOS

Como resultado do presente trabalho obteve-se:

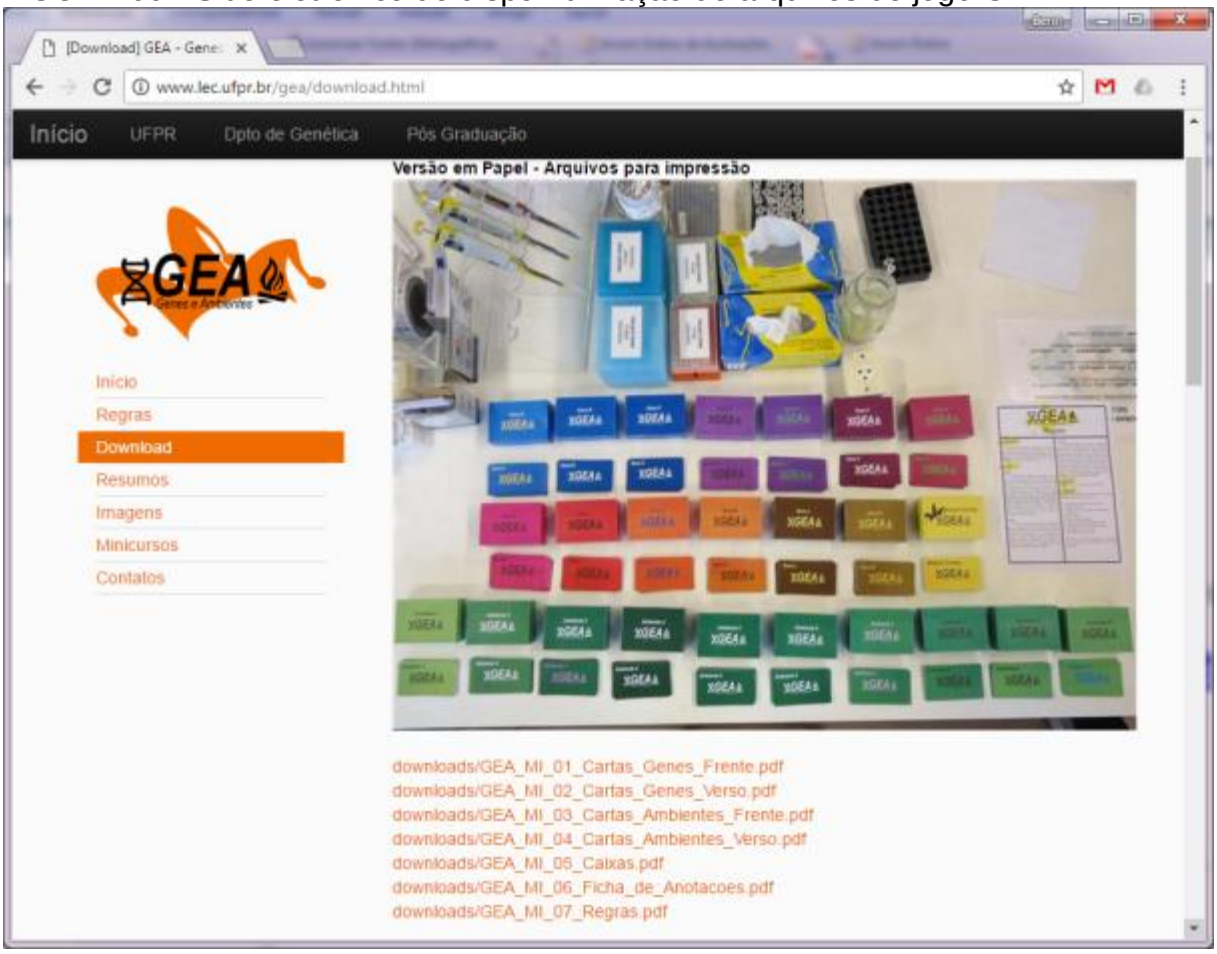
1) Desenvolvimento do jogo GEA, apresentado no CAPÍTULO 1.

2) Desenvolvimento de um sítio eletrônico para disponibilizar on-line o material desenvolvido. O resultado está disponível em http://www.lec.ufpr.br/gea/ e na FIGURA 09 pode-se observar parte de seu layout.

3) Desenvolvimento do jogo eGEA, apresentado no CAPÍTULO 2.

4) Avaliação da comparação entre as duas versões desenvolvidas, apresentado no CAPÍTULO 2.

FIGURA 09 - Sítio eletrônico de disponibilização de arquivos do jogo GEA



FONTE: Cópia do sítio eletrônico. Disponível em: <http://www.lec.ufpr.br/gea/> Acesso em: junho 2017

5 CAPÍTULO 1

A Revista Genética na Escola (http://www.geneticanaescola.com.br/), publicada pela Sociedade Brasileira de Genética, que possui publicações semestrais desde o ano de 2006, disponibiliza materiais de qualidade para professores de ensinos básico e superior de Genética e Biologia Evolutiva e de forma ampla e gratuita.

Sua proposta é difundir:

- ✓ experiências educativas;
- ✓ práticas inovadoras;
- ✓ enfoques metodológicos;
- ✓ reflexões sobre conceitos de genética;
- ✓ divulgação de materiais destinados ao trabalho em sala de aula.

Publicação reconhecida internacionalmente pelo seu ISSN (International Standard Serial Number) esta foi a ponte necessária para a divulgação de parte do presente trabalho, considerando o escopo da revista plenamente adequada à função da ferramenta desenvolvida, que é a utilização em sala de aula.

Esta publicação possui algumas peculiaridades especificas quanto ao formato para ser aceito. Abaixo estão duas instruções sobre a submissão de trabalhos para a "Seção Material Didático":

FORMATO: "Manuscrito não está dividido nas seções típicas de um artigo científico (ou seja, introdução, métodos, resultados e discussão), mas sim com subtítulos adequados a uma descrição detalhada do relato"

REFERÊNCIAS: "Apresenta as indicações bibliográficas APENAS SE estritamente necessárias para a compreensão do texto ou para a reprodução das atividades relatadas (para a maioria dos casos, esta seção não necessita de referências)."

Nas próximas páginas será exposta a reprodução da publicação referente ao jogo GEA na Revista Genética na Escola (Volume 11 nº 2 de 2016 (ISSN 1980-3540).

GEA – Genes e Ambientes

Benn Richard Alle[1], Fabiana Antunes de Andrade[2], Iris Hass[1], Lupe Furtado Alle[1]

[1] Programa de Pós-Graduação em Genética, Departamento de Genética, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
[2] Departamento de Medicina Interna, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Autor para correspondência: bennalle@gmail.com

Genética na Escola – ISSN: 1980-3540

O GEA (Genes e Ambientes) é um jogo que mostra, de forma lúdica e visual, o efeito da seleção natural em uma ou mais populações de um mamífero hipotético, por meio de simulações da interação entre genótipos, fenótipos e o meio ambiente.

O GEA - Genes e Ambientes, numa linguagem atualizada, é um recurso didático para auxiliar na superação de possíveis dificuldades de abstração tão necessária para a discussão e assimilação de conceitos de Genética e Evolução. É indicado para o ensino médio e cursos de graduação das áreas biológicas e de saúde. A maleabilidade de uso do jogo permite que a atividade seja executada em um tempo que pode variar de 30 minutos a algumas horas, dependendo do tamanho da turma, forma de utilização e profundidade das questões levantadas, permitindo, desta forma, que o professor adapte a atividade ao tempo disponível e ao nível de conhecimento prévio e desejado. Sendo um recurso didático, oferece uma estratégia que integra teoria e prática, proporcionando mais solidez ao conhecimento.

A atividade proposta trabalha conceitos de Genética e Evolução, tendo como objetivo promover a discussão e reforçar a compreensão de termos importantes da Genética, tais como: gene; alelo; genótipo; fenótipo; homozigose; heterozigose; interações alélicas como a dominância, recessividade e co-dominância; interações não alélicas; seleção natural e mutação. O GEA mostra, de forma lúdica e visual, o efeito da seleção natural em uma ou mais populações de um mamífero hipotético, por meio de simulações da interação entre genótipos, fenótipos e o meio ambiente, facilitando a compreensão do fator evolutivo, e seu papel na evolução dos organismos.

DINÂMICA DO JOGO

1- Duas "Carta Gene" devem ser sorteadas para cada um dos 13 genes de uma espécie hipotética, diplóide. Cada carta representa um alelo. Da combinação dos dois alelos, será formado um genótipo (que pode ser homozigoto ou heterozigoto) que corresponderá a um determinado fenótipo. O fenótipo dependerá da interação entre os alelos. Uma vez formados os genótipos para os 13 genes, são sorteadas as 10 "Carta Ambiente" e a interação das características fenotípicas com as características ambientais sorteadas passa a ser conhecida. A dinâmica do jogo permite a interação dos genótipos entre si e dos respectivos fenótipos com uma ou mais características ambientais.

2- Após esta etapa, cada equipe de participantes escolhe um número de um a seis e lança um dado. Quando o número escolhido for igual ao sorteado no dado, o participante ganha o direito a uma "Mutação Coringa", definindo o genótipo final e a sobrevivência ou não do organismo hipotético.

3- A quantidade de "Carta Ambiente" (dez) e, de genes (13), são diferentes intencionalmente, pois alguns genótipos interagem entre si e os fenótipos resultantes interagem com uma mesma característica do ambiente. De modo geral, o GEA possibilita demonstrar e discutir temas, tais como:

   a)- nem toda característica dominante é a melhor para determinado ambiente;

   b)- ter uma suscetibilidade nem sempre inviabiliza a sobrevivência;

   c)- a combinação de fenótipos pode propiciar a sobrevivência quando apenas um deles não permitir; a raridade de ocorrência de uma mutação;

   d)- probabilidade estatística.

4- No decorrer da partida, os participantes fazem anotações em uma "Ficha de Anotações", respondem a uma questão e desenvolvem uma imagem representativa (Avatar) do que imaginam ser a espécie e seu ambiente.

DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O jogo é constituído por:

- 1 dado
- "Fichas de Anotações"
- 24 caixas contendo cartas divididas em três grupos:
  - um grupo chamado "Genes", com 13 caixas identificadas por letras, do Gene A ao Gene M;
  - um grupo com apenas uma caixa identificada como "Mutação Coringa";

Genética na Escola – ISSN: 1980-3540

- um grupo denominado "Ambiente", com 10 caixas, contendo cartas com as características dos Ambientes, identificadas por números de Ambiente 01 a Ambiente 10.

Cada equipe de participantes, formada por um ou mais estudantes, funciona como uma entidade (veja as regras para a definição de entidades). As entidades podem ser agrupadas para distribuição das características ambientais, constituindo um grupo (veja as regras para a definição de grupos de ambiente).

Os conjuntos de cartas devem ser proporcionais à quantidade de entidades e grupos (veja regras para número de participantes).

"Carta Gene" - cada um dos 12 genes nomeados por letras de A a L possuem 4 cartas e o Gene M possui 6, num total de 54 cartas. O conjunto completo de "Carta Gene" é formado por 54 cartas, multiplicadas pela quantidade de entidades participantes. Serão entregues dois alelos (cada carta representa um alelo) de cada um dos 13 genes, desta forma, cada entidade receberá um total de 26 cartas de alelos durante a partida.

"Carta Ambiente" - são 10 caixas com conjuntos de cartas de características do ambiente, numeradas de 01 a 10. A quantidade de conjuntos de "Carta Ambiente" varia conforme a forma de distribuição das entidades no ambiente, ou seja, conforme a quantidade de grupos de ambiente. As entidades são distribuídas em grupos de ambiente de 1 a n entidades. O material terá duas cartas por ambiente, com exceção do Ambiente 5 que possui três cartas. O conjunto das 21 cartas do ambiente deve ser multiplicado pela quantidade de grupos de ambientes. No decorrer da partida, cada grupo vai receber 10 "Carta Ambiente".

Mutação Coringa - São quatro cartas "Mutação Coringa" multiplicado pela quantidade de entidades, duas com "Mutação Sinônima" e duas com "Mutação Não Sinônima".

Ficha de Anotações - Uma "Ficha de Anotações" por participante (uma entidade pode possuir mais de um participante e cada um recebe uma "Ficha de Anotações")

MONTAGEM DO MATERIAL

O professor define em quantas entidades vai dividir a turma e prepara o material para esta quantidade. Quanto mais entidades, mais interessante fica a partida, porém o tamanho do jogo e o tempo da partida aumentam proporcionalmente.

Este material deve ser impresso em quantidade proporcional ao número de entidades que participarão do jogo. Uma vez confeccionado para um número maior de entidades, pode ser utilizado em uma partida com um número menor de entidades sem afetar o desenrolar do jogo.

Os componentes do jogo devem ser impressos, recortados e colados conforme as instruções abaixo:

- "Carta Gene" (anexos 1 e 2) – são 13 genes, num total de 54 cartas por entidade que joga;
- "Carta Ambiente" (anexos 3 e 4) – são 10 ambientes, num total de 21 cartas (9 com 2 variações e 1 com 3 variações) por grupo de ambiente;
- "Carta Mutação" coringa (anexo 5) – 4 cartas por entidade participante;
- Caixas (anexo 5) – em número compatível com as cartas que foram impressas. O anexo 5 inclui esquemas de montagem de caixas para os 24 conjuntos de cartas, que podem ser impressas e montadas para armazenar as cartas organizadamente;
- Ficha de Anotações (anexo 6) – uma por participante do jogo;
- Regras do Jogo (anexo 7) – uma por entidade ou de grupos de ambiente.

Aconselhamos a impressão em papel branco tamanho A4 com gramatura de 180 g/m² para as cartas e caixas; as Fichas de Anotações podem ser impressas em um papel mais fino (75 g/m²).

As cartas possuem verso, e devem ser impressas na outra face das folhas, onde foram

impressas a frente das cartas, mantendo a sequência de impressão, para que o verso da carta seja coerente com o conteúdo impresso na frente. Uma alternativa é imprimir em folhas diferentes, colar uma na outra e, depois, cortá-las.

Após a impressão, as cartas devem ser recortadas, preferencialmente com régua e estilete e, em seguida, o acabamento dos cantos (arredondamento) pode ser feito com tesoura.

As caixas disponíveis para a impressão podem ser substituídas por outras caixas disponíveis para o armazenamento, bastando identificá-las, ou substituí-las por elásticos para prender as cartas agrupadas.

O material está apresentado em versão colorida para facilitar a distribuição e a organização das cartas, bem como para tornar o jogo mais atrativo, porém não é obrigatória a impressão colorida pois ela não interfere na dinâmica do jogo.

REGRAS DO JOGO

1 - Número de Participantes

Não existe um número fixo de participantes, o que determina este número são as quantidades de cópias do material fornecido e a forma de agrupamento dos participantes.

Os participantes são agrupados em entidades e estas, agrupadas. É necessária uma cópia do material dos genes e da mutação coringa por entidade e uma cópia do material do Ambiente por grupo de entidades. Cada participante receberá uma "Ficha de Anotação".

2 - Definição das Entidades

O professor será o coordenador da partida dividindo a turma em entidades. A quantidade de entidades depende da quantidade de conjuntos de cartas dos genes que foram confeccionadas. São necessárias 58 cartas entre genes e Mutação Coringa por entidade.

3 - Definição dos Grupos do Ambiente

Definir como as entidades serão distribuídas nos Ambientes. Pode-se definir que todas as entidades serão colocadas no mesmo ambiente, mostrando que genótipos diferentes têm uma adaptação diferente no mesmo ambiente ou separar as entidades em grupos para ambientes distintos. São necessárias 21 cartas de Ambiente por grupo de entidades

4 - Distribuição das Fichas de Anotações

Cada participante deve receber uma "Ficha de Anotações". Os alunos podem estar dispostos em círculos agrupados por entidade. Não são necessárias mesas, basta que os participantes tenham espaço e um apoio para preencherem a "Ficha de Anotações". Uma prancheta pode facilitar no processo de anotação das informações e na elaboração do "Avatar".

5 - Distribuição dos Alelos

O professor repassa a seguinte informação para os participantes:

> *"A função do jogo é a formação do genoma de indivíduos da espécie GEA, uma espécie fictícia de mamífero. As características genéticas estão relacionadas a diferentes atributos fisiológicos, anatômicos e comportamentais dos indivíduos. Sendo a GEA uma espécie diplóide, serão sorteados dois alelos para cada um dos genes A ao M.*
>
> *Só serão conhecidos os sobreviventes no final do jogo, pois o fenótipo de um Gene pode interferir em outro, e a interação com o ambiente é que será determinante na sobrevivência."*

O professor permite que um participante de cada entidade retire duas cartas da caixa do Gene A. O participante pode escolher qualquer carta da caixa, mas com as cartas viradas para que ele não possa ler o conteúdo das mesmas antes da escolha. O participante manterá as cartas na entidade repassando as informações dos alelos para os demais integrantes da entidade, para que preencha a "Ficha de Anotações" o genótipo sorteado no campo apropriado. Ex.: aA,BB,Cc,… Terminada a distribuição dos alelos do Gene A para todas as entidades, repete-se o processo para todos os Genes, de B ao M, nesta ordem.

Durante este sorteio o professor pode trazer discussões sobre o significado de cada fenó-

Genética na Escola – ISSN: 1980-3540

tipo, interação alélica e significado evolutivo de cada característica. É importante informar os participantes de que só saberão que a espécie sobrevive ou não apenas no final do jogo, pois o fenótipo de um Gene pode interferir em outro, e a interação com o ambiente é que será determinante na sobrevivência.

6 - Distribuição dos Ambientes

Após as distribuições dos alelos de todos os Genes e respectivas anotações, começa a distribuição dos ambientes.

A forma de distribuição dos Ambientes varia conforme os agrupamentos das entidades:

Opção A - Todas as entidades pertencem ao mesmo ambiente

O professor pode sortear uma carta de Ambiente de 1 a 10, nesta ordem, lendo em voz alta para que todas as entidades façam as anotações na "Ficha de Anotações" no local apropriado para cada Ambiente.

Opção B - As entidades distribuídas em grupos

Cada grupo sorteia uma carta de cada um dos 10 Ambientes de 1 a 10, nesta ordem, e o representante de cada grupo repassa as informações para os demais participantes do seu grupo façam as anotações na "Ficha de Anotações" no local apropriado para cada Ambiente.

O código referente à característica selecionada de cada característica do ambiente consta no canto inferior direito das cartas dos ambientes. Ex: A01-B, A02-A, A03-B.

7 - Sorteio da "Mutação Coringa".

Após o sorteio de todos os ambientes, será o momento de jogar com a sorte, esperando ser agraciado com uma "Mutação Coringa".

Para mostrar a aleatoriedade da mutação, cada entidade escolhe um número aleatório de 1 a 6, joga um dado e, caso acerte o número sorteado, ganha o direito a uma carta aleatória da "Mutação Coringa". É importante que a carta volte à caixa de origem depois deste sorteio, para que mantenha sua probabilidade entre as opções de mutação. Esta rodada acontece apenas uma vez por entidade.

As cartas possuem duas opções, uma com "Mutação Sinônima" e, uma, com "Mutação Não Sinônima", para se trabalhar a questão que nem toda mutação resulta em uma alteração fenotípica. Caso a entidade sorteie a carta "Mutação Sinônima", o genótipo da entidade permanece como está. Caso tenha sorteado a "Mutação Não Sinônima", a entidade pode escolher apenas um alelo de um único gene entre Gene A e Gene M para ser alterado para outro alelo do mesmo gene, para tentar alterar o fenótipo de um gene, de forma a incrementar a adaptação do seu fenótipo ao ambiente. O participante pode virar as cartas do gene selecionado para escolher a que apresentará o melhor fenótipo para seu ambiente.

8 - Quem ganha?

Ganha(m) o jogo a(s) entidade(s) que sobreviver(em) ao ambiente.

9 - Finalização da Partida

Após a verificação de sobrevivência, todos os participantes deverão terminar de preencher a "Ficha de Anotações":

1- Dados dos genes e ambientes.

2- Elaborar uma representação gráfica (chamada de "Avatar") dos Seres hipotéticos em seu respectivo ambiente.

3- Responder a questão: "Quais as relações existentes entre genes e ambientes?"

4- Entregar a "Ficha de Anotações" para o professor, para avaliação e comprovação de participação na prática.

ANEXOS

Anexo 1 – "Carta Gene" frente

Anexo 2 – "Carta Gene" verso

Anexo 3 – "Carta Ambiente" frente

Anexo 4 – "Carta Ambiente" verso

Anexo 5 – Caixas

Anexo 6 – Ficha de Anotações

Anexo 7 – Regras do jogo

Gene *A*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus alfa.
Possui os alelos *A* e *a*.

Alelo A: resistência ao vírus alfa.

Gene *A*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus alfa.
Possui os alelos *A* e *a*.

Alelo A: resistência ao vírus alfa.

Gene *B*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus beta. Possui os alelos *B* e *b*.

Alelo *B*: suscetibilidade ao vírus beta.

Gene *B*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus beta. Possui os alelos *B* e *b*.

Alelo *B*: suscetibilidade ao vírus beta.

Gene *C*: relacionado ao tempo de cuidado parental. Possui os alelos semidominantes *C1* e *C2*.
Heterozigotos têm cuidado parental curto.
Alelo *C1*: cuidado parental prolongado.

Gene *C*: relacionado ao tempo de cuidado parental. Possui os alelos semidominantes *C1* e *C2*.
Heterozigotos têm cuidado parental curto.
Alelo *C1*: cuidado parental prolongado.

Gene *D*: relacionado à capacidade associativa, à habilidade de manipulação e construção de ferramentas. Possui os alelos *D* e *d*.

Alelo D: capacidade de construir ferramentas.

Gene *D*: relacionado à capacidade associativa, à habilidade de manipulação e construção de ferramentas. Possui os alelos *D* e *d*.

Alelo D: capacidade de construir ferramentas.

Gene *E*: relacionado à capacidade de suporte de variações térmicas. Possui os alelos *E* e *e*.

Alelo E: suporta temperaturas maiores que 10°C e menores que 45°C.

Gene *E*: relacionado à capacidade de suporte de variações térmicas. Possui os alelos *E* e *e*.

Alelo E: suporta temperaturas maiores que 10°C e menores que 45°C.

Gene *A*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus alfa.
Possui os alelos *A* e *a*.

Alelo *a*: suscetibilidade ao vírus alfa.

Gene *A*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus alfa.
Possui os alelos *A* e *a*.

Alelo *a*: suscetibilidade ao vírus alfa.

Gene *B*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus beta. Possui os alelos *B* e *b*.

Alelo b: resistência ao vírus beta.

Gene *B*: relacionado à resistência ou à suscetibilidade ao vírus beta. Possui os alelos *B* e *b*.

Alelo b: resistência ao vírus beta.

Gene *C*: relacionado ao tempo de cuidado parental. Possui os alelos semidominantes *C1* e *C2*.
Heterozigotos têm cuidado parental curto.
Alelo *C2*: sem cuidado parental.

Gene *C*: relacionado ao tempo de cuidado parental. Possui os alelos semidominantes *C1* e *C2*.
Heterozigotos têm cuidado parental curto.
Alelo *C2*: sem cuidado parental.

Gene *D*: relacionado à capacidade associativa, à habilidade de manipulação e construção de ferramentas. Possui os alelos *D* e *d*.

Alelo *d*: capacidade de utilizar “paus e pedras” como ferramentas.

Gene *D*: relacionado à capacidade associativa, à habilidade de manipulação e construção de ferramentas. Possui os alelos *D* e *d*.

Alelo *d*: capacidade de utilizar “paus e pedras” como ferramentas.

Gene *E*: relacionado à capacidade de suporte de variações térmicas. Possui os alelos *E* e *e*.

Alelo *e*: suporta temperaturas maiores que -15°C e menores que 45°C.

Gene *E*: relacionado à capacidade de suporte de variações térmicas. Possui os alelos *E* e *e*.

Alelo *e*: suporta temperaturas maiores que -15°C e menores que 45°C.

Gene *F*: relacionado à capacidade associativa e à habilidade de produção de fogo. Possui os alelos *F* e *f*.

Alelo *F*: domínio do fogo. Sobrevivem em Tm de até -15°C e com cuidado parental curto, pois o fogo afugenta os predadores.

Gene *F*: relacionado à capacidade associativa e à habilidade de produção de fogo. Possui os alelos *F* e *f*.

Alelo *F*: domínio do fogo. Sobrevivem em Tm de até -15°C e com cuidado parental curto, pois o fogo afugenta os predadores.

Gene *G*: Relacionado à produção da lactase, enzima que digere a lactose, na idade adulta. Possui os alelos *G* e *g*.

Alelo *G*: incapacidade de digerir leite na idade adulta.

Gene *G*: Relacionado à produção da lactase, enzima que digere a lactose, na idade adulta. Possui os alelos *G* e *g*.

Alelo *G*: incapacidade de digerir leite na idade adulta.

Gene *H:* Relacionado ao período fértil e à receptividade sexual das fêmeas. Possui os alelos *H* e *h*.

Alelo *H*: fêmeas com estro (cio) "oculto". Receptivas sexualmente durante o ano inteiro.

Gene *H:* Relacionado ao período fértil e à receptividade sexual das fêmeas. Possui os alelos *H* e *h*.

Alelo *H*: fêmeas com estro (cio) "oculto". Receptivas sexualmente durante o ano inteiro.

Gene *I*: Relacionado com a coloração da pelagem, podendo ela ser preta ou bege. Possui os alelos *I* e *i*.

Alelo *I*- Coloração escura, pelagem preta.

Gene *I*: Relacionado com a coloração da pelagem, podendo ela ser preta ou bege. Possui os alelos *I* e *i*.

Alelo *I*- Coloração escura, pelagem preta.

Gene *J*: Relacionado com a estatura dos indivíduos que podem medir cerca de 1,70m; 1,20m ou 0,5m. Possui os alelos semidominantes *J1* e *J2*.

Alelo *J1*- Indivíduos de porte pequeno. Medem cerca de 0,5m.

Gene *J*: Relacionado com a estatura dos indivíduos que podem medir cerca de 1,70m; 1,20m ou 0,5m. Possui os alelos semidominantes *J1* e *J2*.

Alelo *J1*- Indivíduos de porte pequeno. Medem cerca de 0,5m.

Gene *F*: relacionado à capacidade associativa e à habilidade de produção de fogo. Possui os alelos *F* e *f*.

Alelo *f*: incapacidade de dominar o fogo.

Gene *F*: relacionado à capacidade associativa e à habilidade de produção de fogo. Possui os alelos *F* e *f*.

Alelo *f*: incapacidade de dominar o fogo.

Gene *G*: Relacionado à produção da lactase, enzima que digere a lactose, na idade adulta. Possui os alelos *G* e *g*.

Alelo *g*: capacidade de digerir leite na idade adulta.

Gene *G*: Relacionado à produção da lactase, enzima que digere a lactose, na idade adulta. Possui os alelos *G* e *g*.

Alelo *g*: capacidade de digerir leite na idade adulta.

Gene *H:* Relacionado ao período fértil e à receptividade sexual das fêmeas. Possui os alelos *H* e *h*.

Alelo *h*: fêmeas com estro (cio)semestral. Sexualmente receptivas somente durante o estro.

Gene *H:* Relacionado ao período fértil e à receptividade sexual das fêmeas. Possui os alelos *H* e *h*.

Alelo *h*: fêmeas com estro (cio)semestral. Sexualmente receptivas somente durante o estro.

Gene *I*: Relacionado com a coloração da pelagem, podendo ela ser preta ou bege. Possui os alelos *I* e *i*.

Alelo *i*- Coloração clara, pelagem bege.

Gene *I*: Relacionado com a coloração da pelagem, podendo ela ser preta ou bege. Possui os alelos *I* e *i*.

Alelo *i*- Coloração clara, pelagem bege.

Gene *J*: Relacionado com a estatura dos indivíduos que podem medir cerca de 1,70m; 1,20m ou 0,5m. Possui os alelos semidominantes *J1* e *J2*.

Alelo *J2*- Indivíduos de porte grande. Medem cerca de 1,70m.

Gene *J*: Relacionado com a estatura dos indivíduos que podem medir cerca de 1,70m; 1,20m ou 0,5m. Possui os alelos semidominantes *J1* e *J2*.

Alelo *J2*- Indivíduos de porte grande. Medem cerca de 1,70m.

Gene K: Relacionado com a capacidade sedutora do macho. Possui os alelos K e k.

Alelo K- Macho do tipo “pouco encantador”.

Gene K: Relacionado com a capacidade sedutora do macho. Possui os alelos K e k.

Alelo K- Macho do tipo “pouco encantador”.

Gene L: Relacionado com o tamanho dos testículos.
Possui os alelos L e l.

Alelo L- Testículos pequenos.

Gene L: Relacionado com o tamanho dos testículos.
Possui os alelos L e l.

Alelo L- Testículos pequenos.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

M^A - Grande capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro grande e linguagem verbal bem desenvolvida.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

M^A - Grande capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro grande e linguagem verbal bem desenvolvida.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

m - Nenhuma capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro pequeno e linguagem verbal não desenvolvida.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

m - Nenhuma capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro pequeno e linguagem verbal não desenvolvida.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

M^B - Intermediaria capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro médio e linguagem verbal rudimentar.

Gene M: Relacionado com a cooperação e linguagem. Sistema Multi-alélico. Possui os alelos e ordem de Dominância: $M^A > M^B > m$.

M^B - Intermediaria capacidade de cooperação entre os indivíduos para a caça, cérebro médio e linguagem verbal rudimentar.

Gene K: Relacionado com a capacidade sedutora do macho. Possui os alelos K e k.

Alelo k- – Macho do tipo “sedutor”.

Gene K: Relacionado com a capacidade sedutora do macho. Possui os alelos K e k.

Alelo k- – Macho do tipo “sedutor”.

Gene L: Relacionado com o tamanho dos testículos.
Possui os alelos L e l.

Alelo l- Testículos grandes.

Gene L: Relacionado com o tamanho dos testículos.
Possui os alelos L e l.

Alelo l- Testículos grandes.

Mutação Coringa

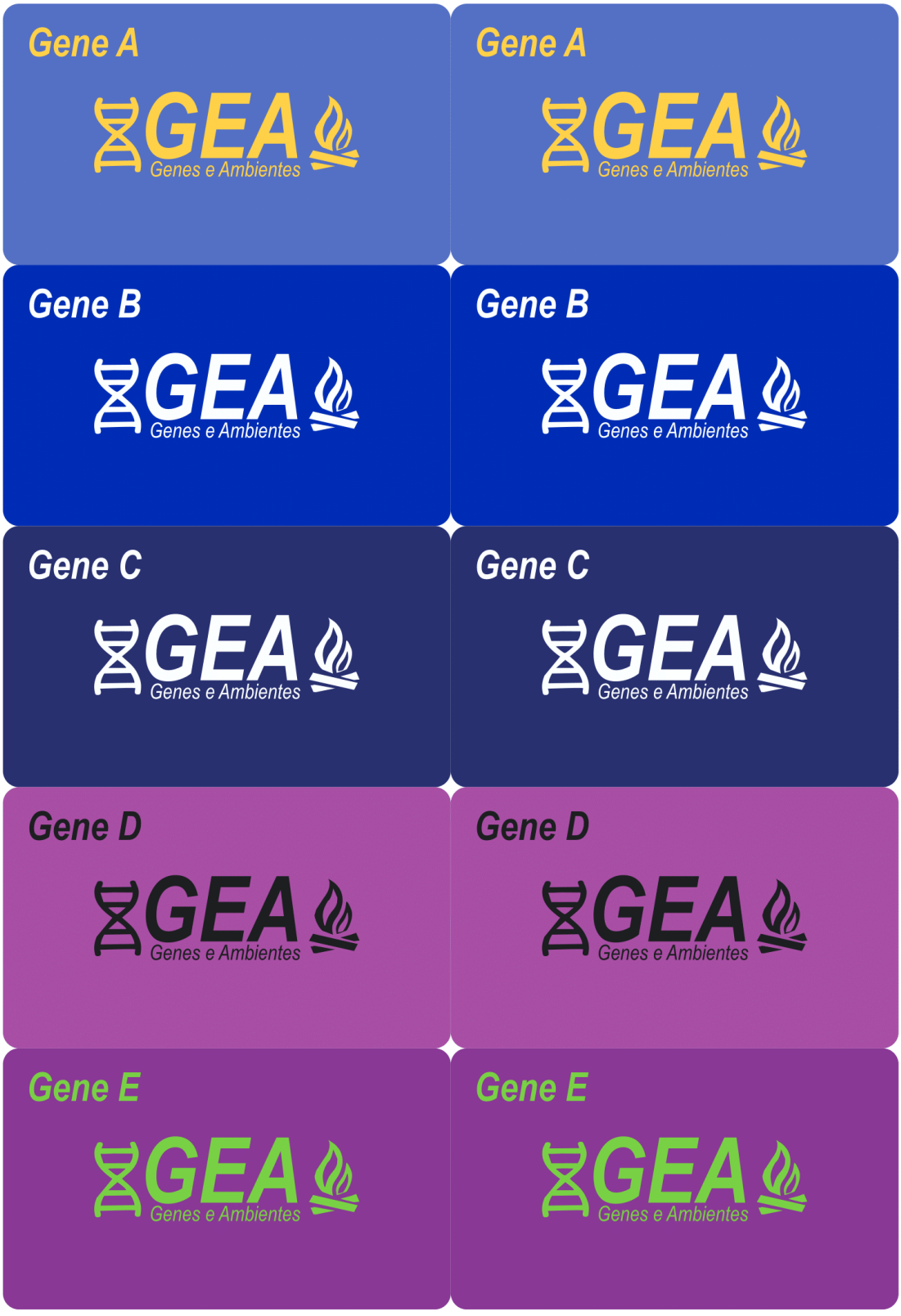
O Coringa diz:
“Mutação Sinônima, você ganhou uma mutação, mas ela não terá efeitos fenotípicos. Seu genoma permanece como está.
Melhor sorte na próxima vez!”

Mutação Coringa

O Coringa diz:
“Mutação Não Sinônima - Você pode escolher um alelo de qualquer gene para ser mutado para outro alelo de sua escolha.”

Gene A
GEA
Genes e Ambientes
Gene A
GEA
Genes e Ambientes
Gene B
GEA
Genes e Ambientes
Gene B
GEA
Genes e Ambientes
Gene C
GEA
Genes e Ambientes
Gene C
GEA
Genes e Ambientes
Gene D
GEA
Genes e Ambientes
Gene D
GEA
Genes e Ambientes
Gene E
GEA
Genes e Ambientes
Gene E
GEA
Genes e Ambientes

182


Gene A
GEA
Genes e Ambientes
Gene A
GEA
Genes e Ambientes
Gene B
GEA
Genes e Ambientes
Gene B
GEA
Genes e Ambientes
Gene C
GEA
Genes e Ambientes
Gene C
GEA
Genes e Ambientes
Gene D
GEA
Genes e Ambientes
Gene D
GEA
Genes e Ambientes
Gene E
GEA
Genes e Ambientes
Gene E
GEA
Genes e Ambientes

Gene F

GEA Genes e Ambientes

Gene F

GEA Genes e Ambientes

Gene G

GEA Genes e Ambientes

Gene G

GEA Genes e Ambientes

Gene H

GEA Genes e Ambientes

Gene H

GEA Genes e Ambientes

Gene I

GEA Genes e Ambientes

Gene I

GEA Genes e Ambientes

Gene J

GEA Genes e Ambientes

Gene J

GEA Genes e Ambientes

184

Gene F

GEA Genes e Ambientes

Gene F

GEA Genes e Ambientes

Gene G

GEA Genes e Ambientes

Gene G

GEA Genes e Ambientes

Gene H

GEA Genes e Ambientes

Gene H

GEA Genes e Ambientes

Gene I

GEA Genes e Ambientes

Gene I

GEA Genes e Ambientes

Gene J

GEA Genes e Ambientes

Gene J

GEA Genes e Ambientes

Gene K

Gene K

Gene L

Gene L

Gene M

Gene M

Gene M

Gene M

Gene M

Gene M

Gene K
GEA
Genes e Ambientes
Gene K
GEA
Genes e Ambientes
Gene L
GEA
Genes e Ambientes
Gene L
GEA
Genes e Ambientes
Mutação Coringa
GEA
Genes e Ambientes
Mutação Coringa
GEA
Genes e Ambientes

Presença do vírus alfa

Um novo tipo de vírus surgiu no ambiente. Esse vírus é letal. Somente os indivíduos resistentes sobrevivem.

A01-A

Ausência do vírus alfa

A sobrevivência não depende da resistência ao vírus alfa.

A01-B

Presença do vírus beta

O vírus beta causa uma doença respiratória fatal que se manifesta durante o inverno. Os indivíduos resistentes ao vírus beta sobrevivem. Aqueles que são suscetíveis ao vírus só sobrevivem em ambientes que não apresentam inverno rigoroso.

A02-A

Ausência do vírus beta

A sobrevivência não depende da resistência ao vírus beta.

A02-B

Muitos Predadores de Filhotes

A sobrevivência dos filhotes depende de cuidado parental prolongado.

A03-A

Poucos Predadores de Filhotes

A sobrevivência dos filhotes depende apenas de cuidado parental curto.

A03-B

Ambiente hostil

Dificuldade de obtenção de alimentos e muitos predadores. Para sobreviver é necessário o uso de “paus e pedras” como ferramentas.

A04-A

Ambiente muito hostil

Dificuldade extrema de obtenção de alimentos e presença de muitos predadores. Para sobreviver, é necessária a habilidade de construção de ferramentas específicas.

A04-B

Ambiente de temperaturas extremas, variando entre -15ºC e 45ºC. Inverno muito rigoroso e verão muito quente.

A05-A

Ambiente de clima frio, temperaturas variando entre -15ºC e 10ºC. Inverno rigoroso e verão ameno.

A05-B

Ambiente de clima ameno. Ausência de inverno rigoroso. Temperaturas variando entre 15ºC e 25ºC.

A05-C

Sua população desenvolveu hábito pastoril e, portanto, a excelente ideia de "roubar" o leite dos outros animais. O leite é um alimento nutritivo e energético. Quem é capaz de digerir leite na idade adulta ganha a seguinte capacidade: sobrevivência em temperaturas de até -15ºC.

A06-A

Sua população não desenvolveu hábito pastoril. Mesmo que você seja capaz de digerir leite na idade adulta, você não terá vantagem alguma...

A06-B

Surge uma bactéria X que causa uma infecção no aparelho reprodutivo, levando à esterilidade das fêmeas. Somente se reproduzem aqueles cujas fêmeas tem estro oculto, pois a atividade sexual constante e a presença de esperma no canal vaginal da fêmea protegem da infecção bacteriana.

A07-A

Ausência da bactéria X. Mesmo sem os fatores de resistência, suas fêmeas permanecem férteis.

A07-B

Ambiente de campo aberto.

Vegetação baixa e substrato claro. Indivíduos de porte grande e médio sobrevivem independentemente da cor da pelagem. Já os de porte pequeno só sobrevivem se tiverem pelagem clara, pois se camuflam. Se a pelagem for escura, tornam-se presas fáceis.

A08-A

Ambiente de florestas densas.

Indivíduos de porte grande e médio sobrevivem independentemente da cor da pelagem. Já os de porte pequeno só sobrevivem se tiverem pelagem escura, pois se camuflam. Se a pelagem for clara, tornam-se presas fáceis.

A08-B

Organização em Harém

Não apresenta desvantagem para nenhum tipo de macho. Os machos com testículos pequenos conseguem se acasalar facilmente.

A09-A

Organização poligina multimacho

Os machos precisam ter testículos grandes para ter sucesso reprodutivo ou serem machos do tipo "sedutor".

A09-B

Nos períodos de seca, a dieta é à base de carne devido à falta de vegetais. Com a cooperação entre os indivíduos, a caça é sistemática e o consumo de carne permite o aumento do cérebro e o desenvolvimento de linguagem articulada. A linguagem aperfeiçoa os mecanismos de defesa e a sobrevivência dos filhotes.

A10-A

Nos períodos úmidos, os vegetais são abundantes permitindo a sobrevivência mesmo sem a cooperação entre os indivíduos e linguagem articulada.

A10-B

Ambiente 1

Ambiente 1

Ambiente 2

Ambiente 2

Ambiente 3

Ambiente 3

Ambiente 4

Ambiente 4

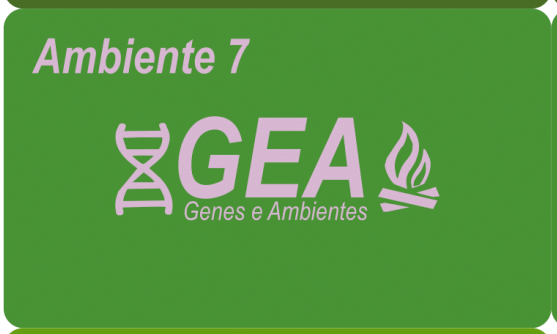
Ambiente 5

Ambiente 5

Ambiente 5
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 6
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 6
GEA
Genes e Ambientes


Ambiente 7
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 7
GEA
Genes e Ambientes

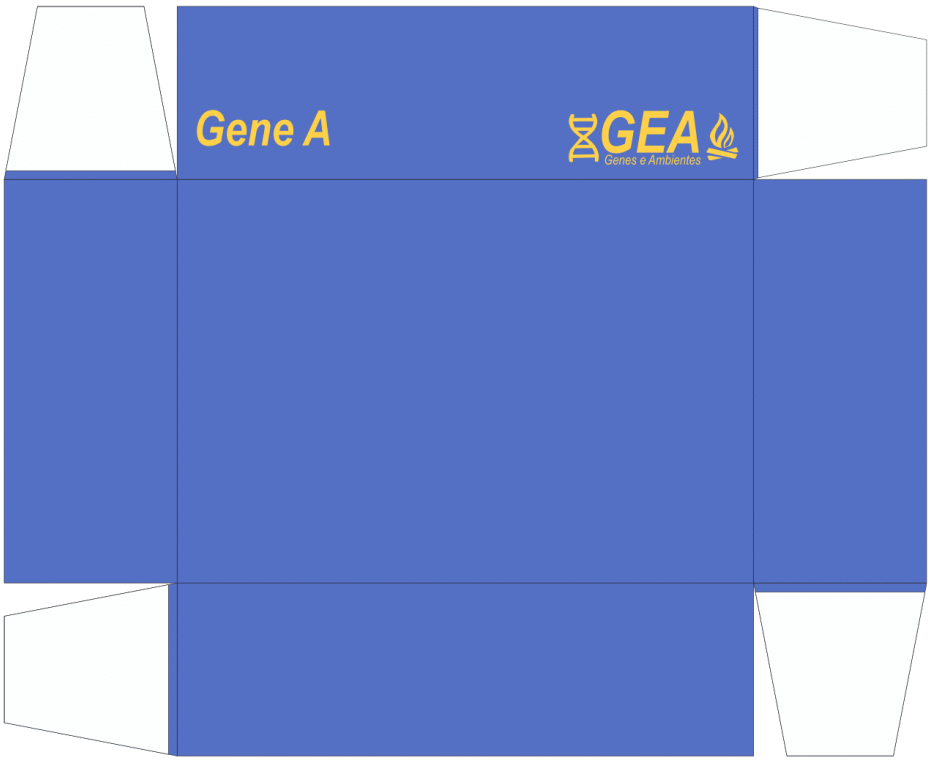
Ambiente 8
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 8
GEA
Genes e Ambientes

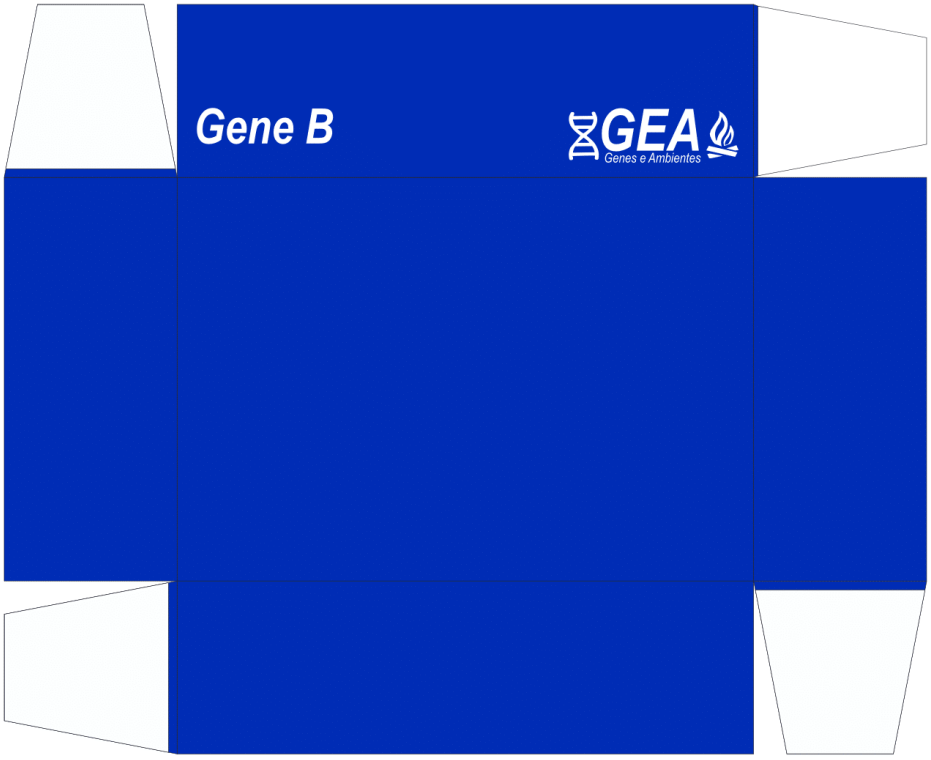
Ambiente 9
GEA
Genes e Ambientes

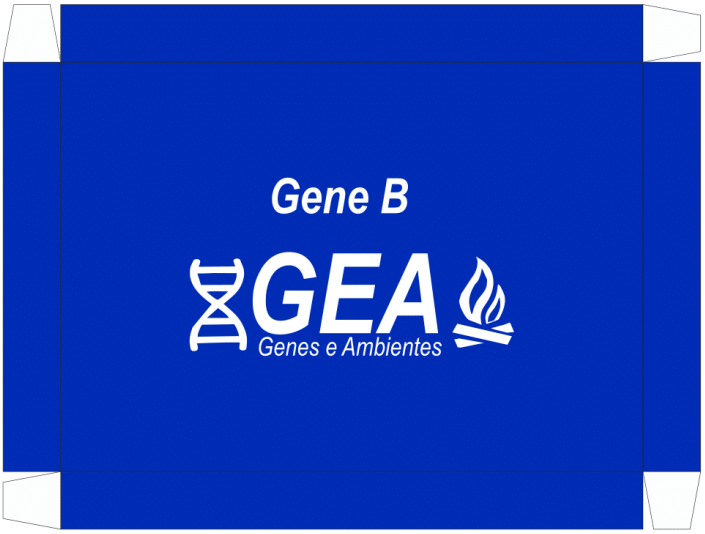
Ambiente 9
GEA
Genes e Ambientes

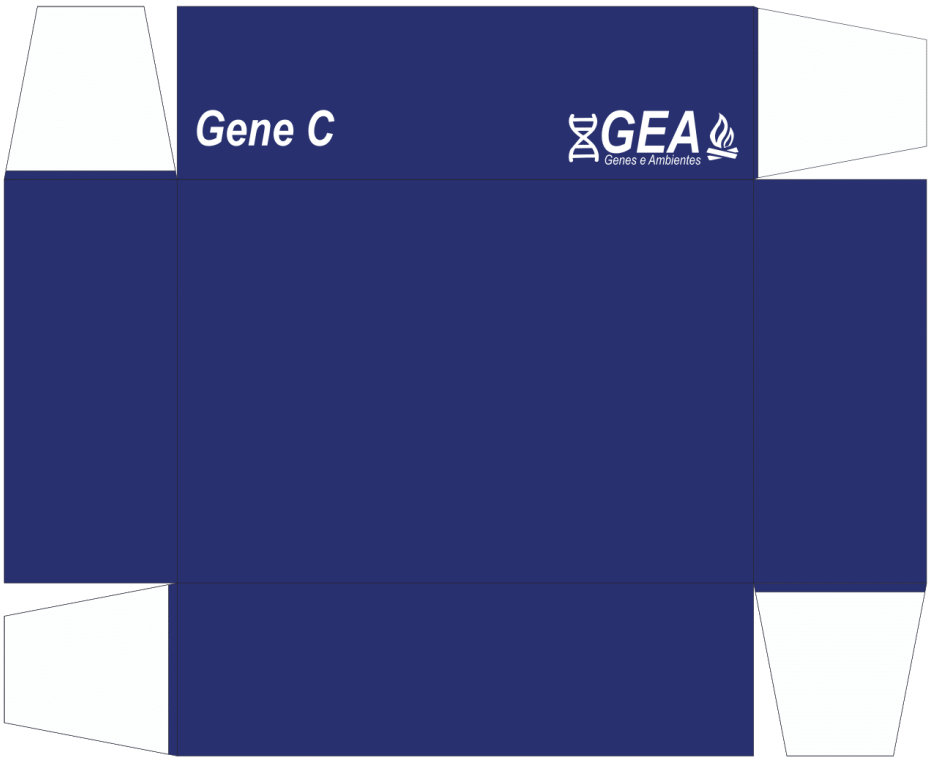
Ambiente 10
GEA
Genes e Ambientes
Ambiente 10
GEA
Genes e Ambientes


Gene A
GEA
Genes e Ambientes

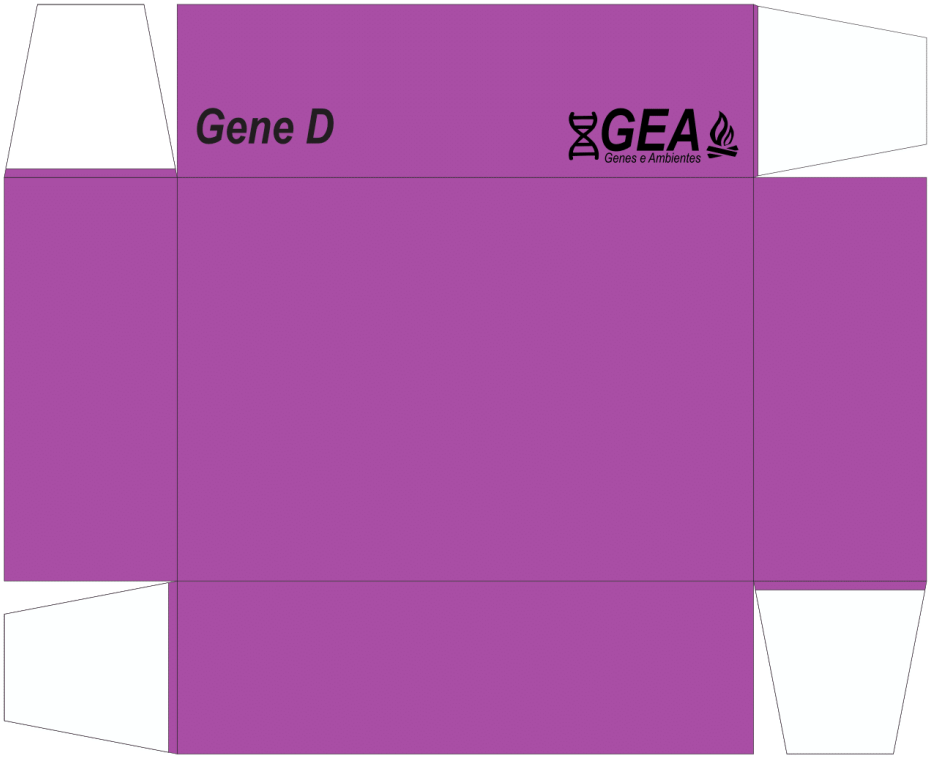
Gene A
GEA
Genes e Ambientes

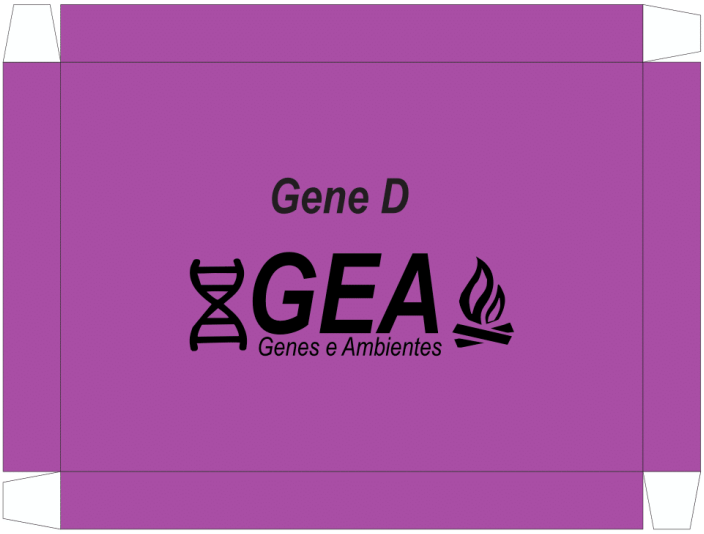

Gene B
GEA
Genes e Ambientes

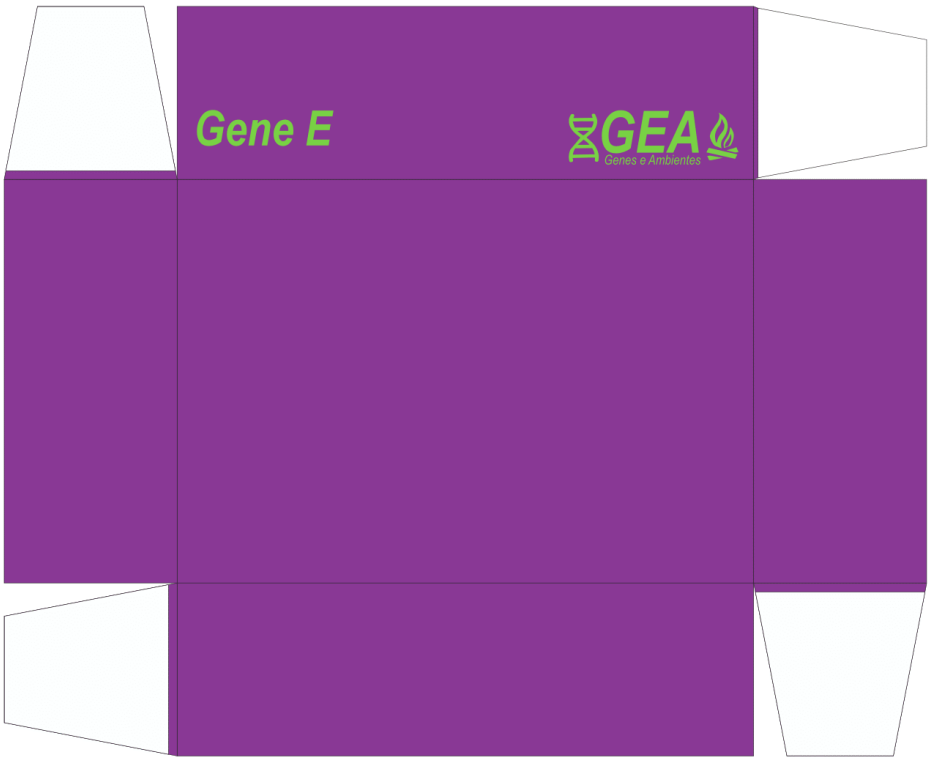

Gene B
GEA
Genes e Ambientes


Gene C
GEA
Genes e Ambientes

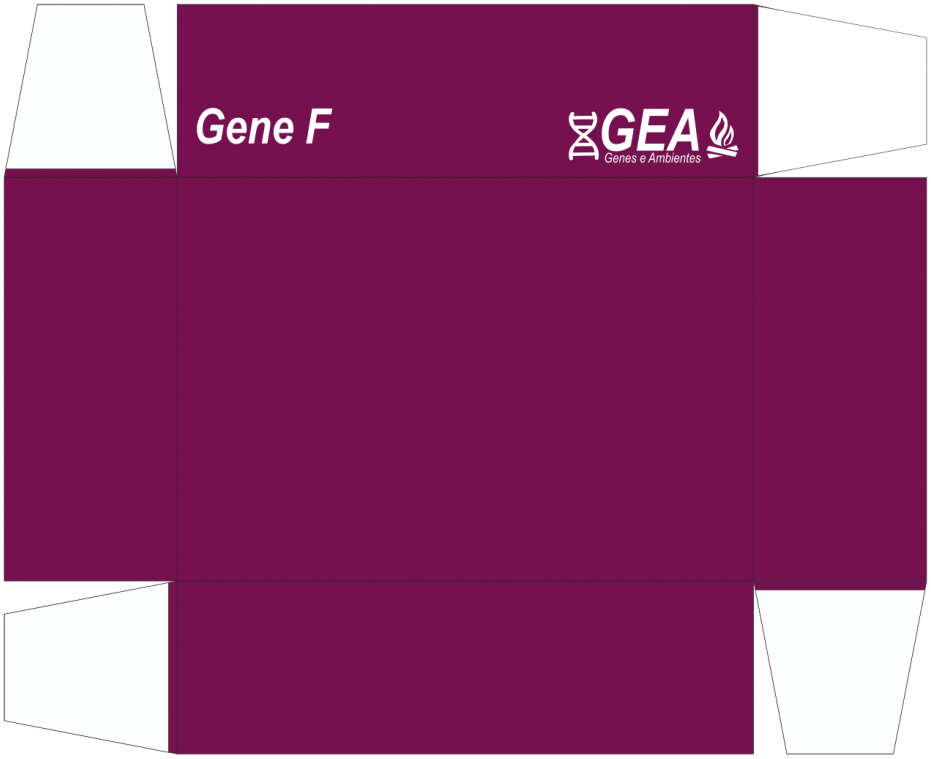
Gene C
GEA
Genes e Ambientes


Gene D
GEA
Genes e Ambientes

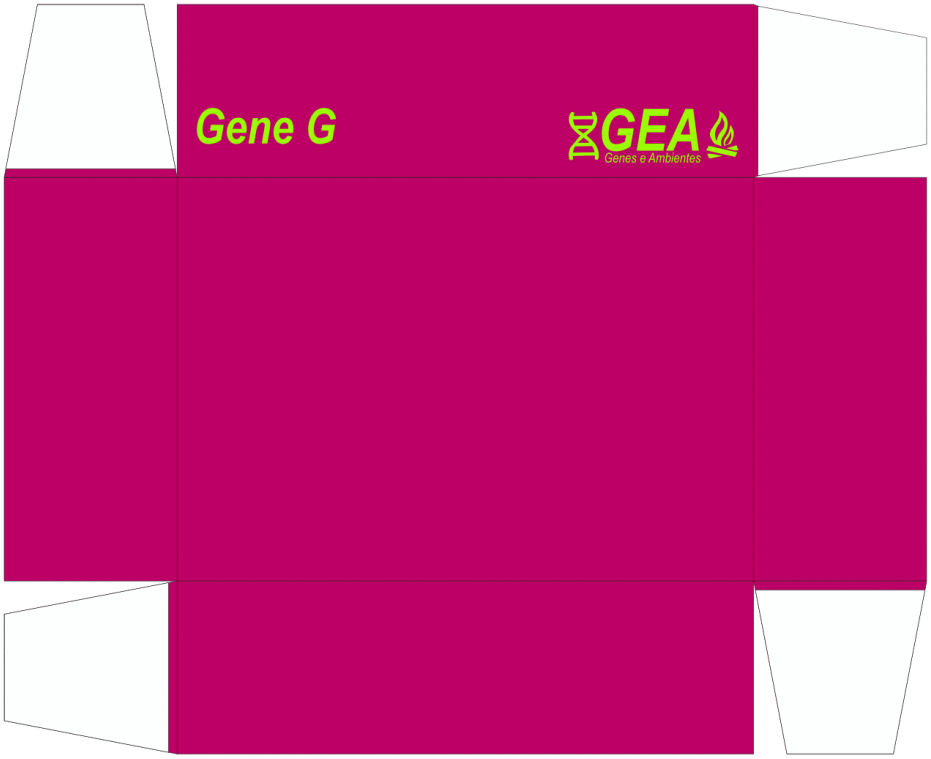

Gene D
GEA
Genes e Ambientes


Gene E
GEA
Genes e Ambientes

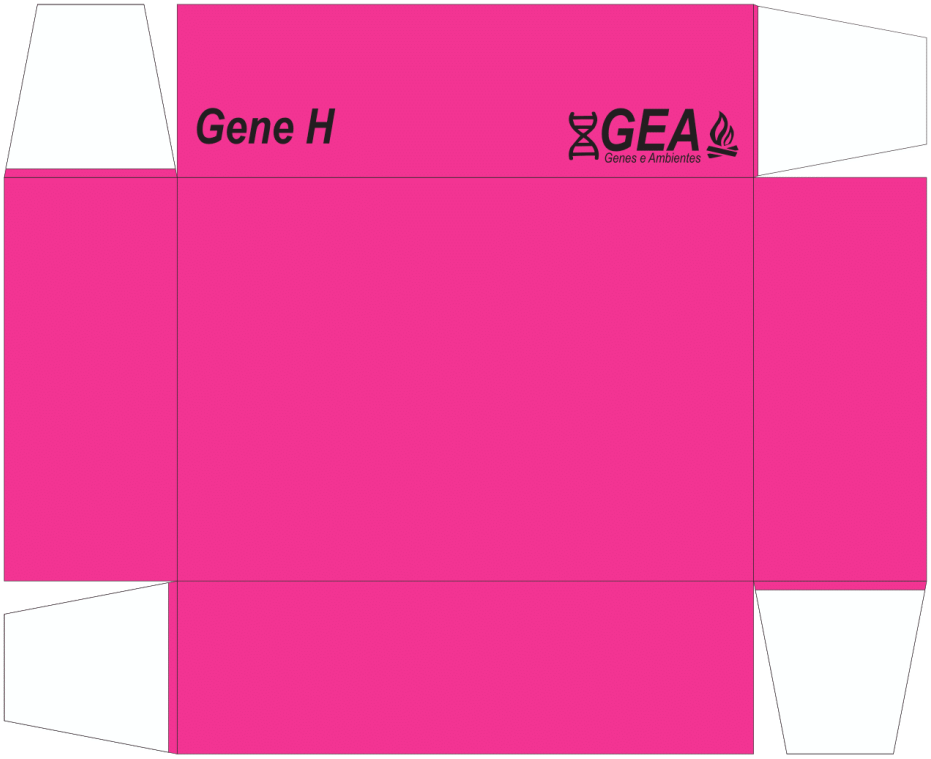
Gene E
GEA
Genes e Ambientes

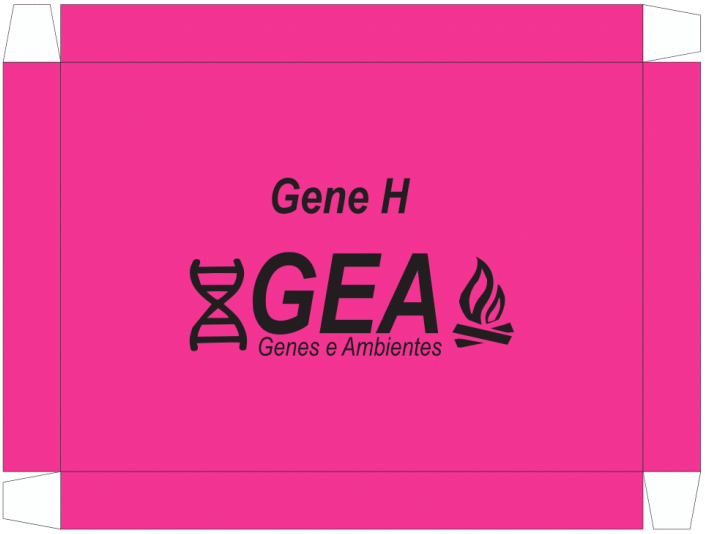

Gene F
GEA
Genes e Ambientes

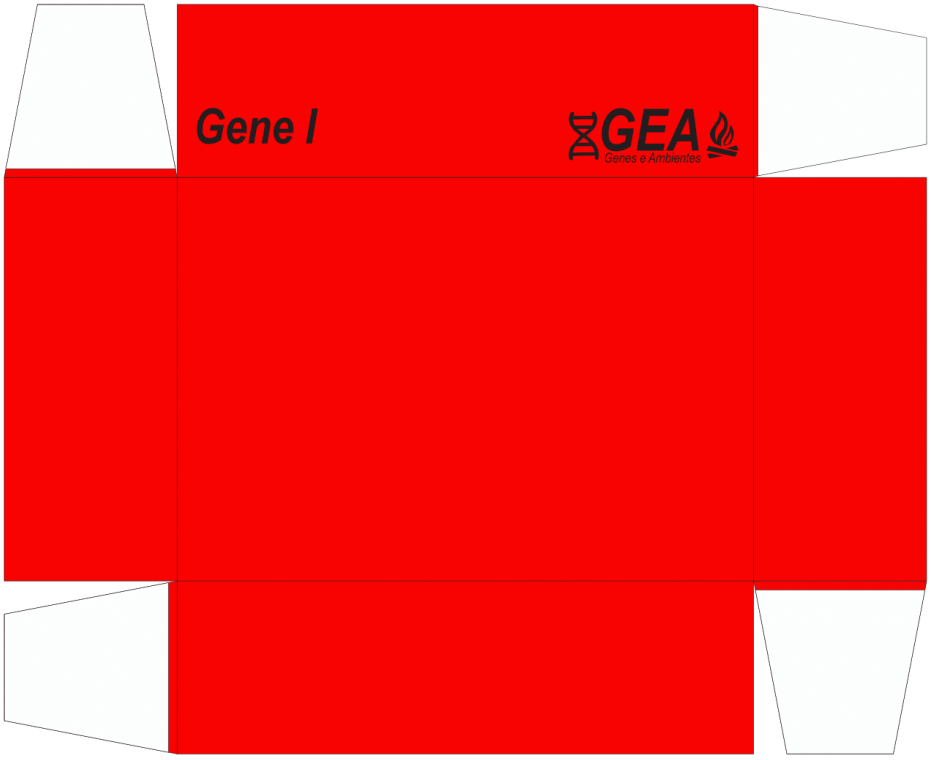
Gene F
GEA
Genes e Ambientes


Gene G
GEA
Genes e Ambientes

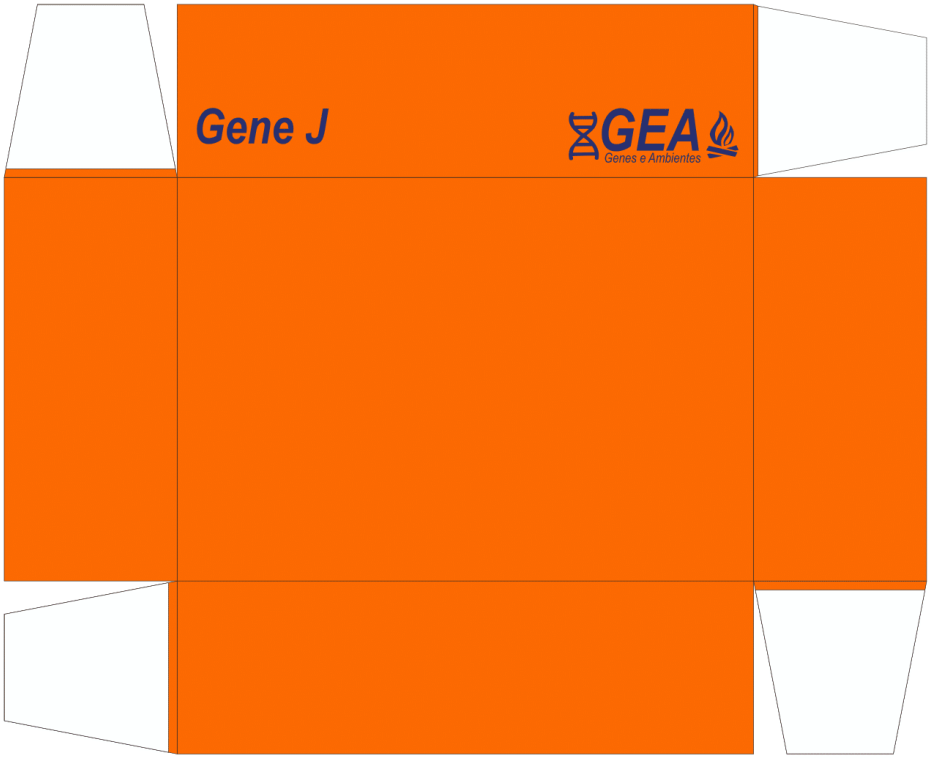
Gene G
GEA
Genes e Ambientes


Gene H
GEA
Genes e Ambientes

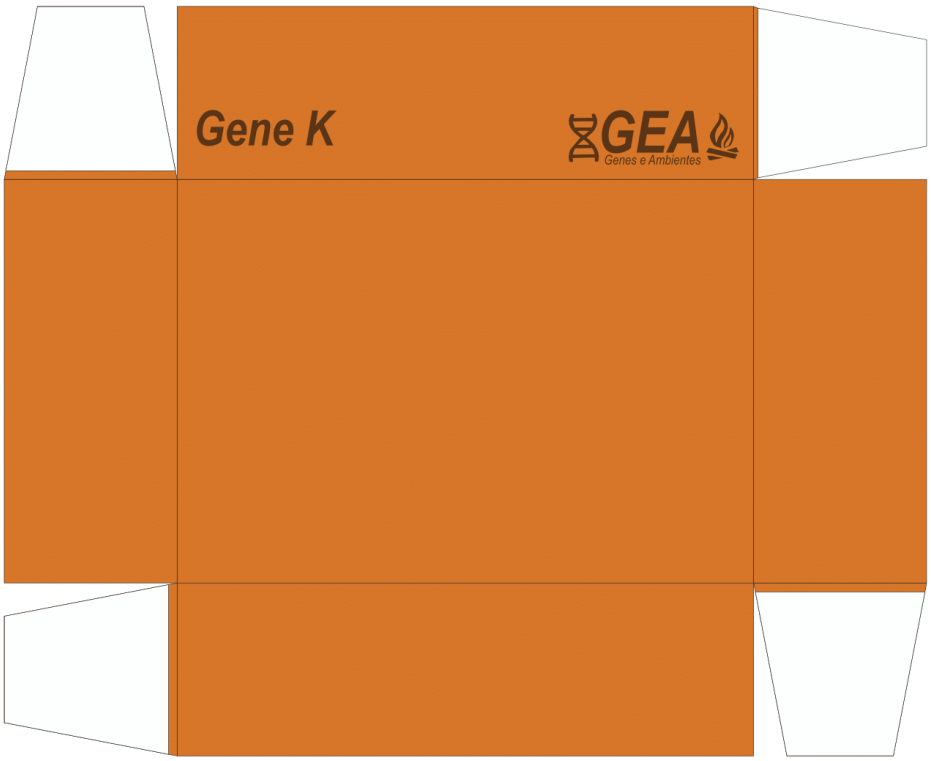

Gene H
GEA
Genes e Ambientes


Gene I
GEA
Genes e Ambientes

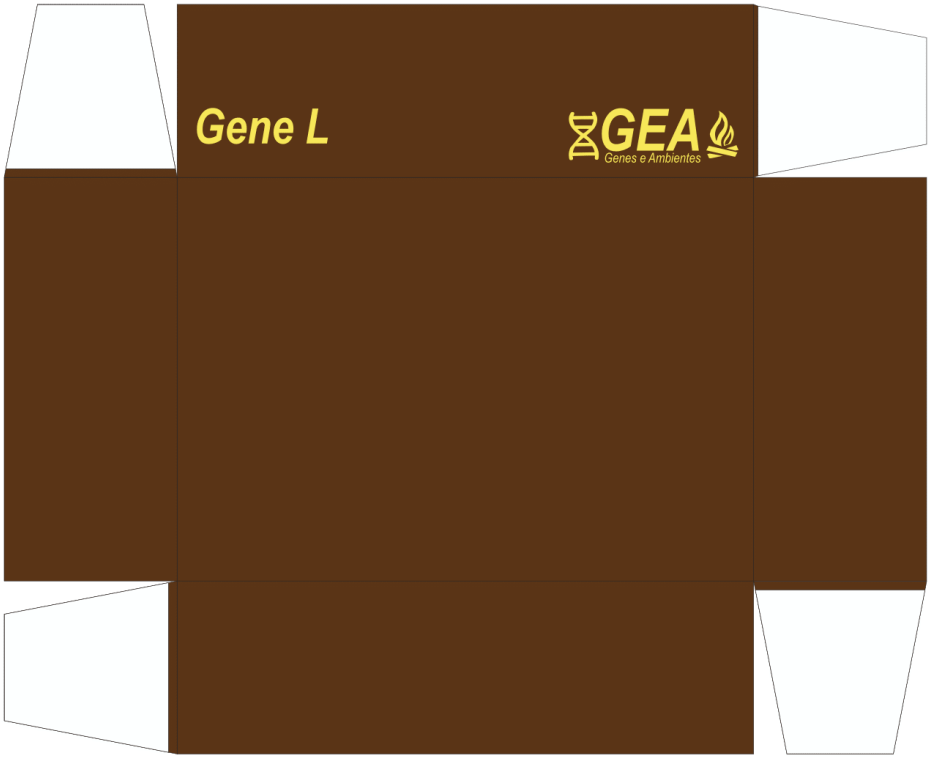
Gene I
GEA
Genes e Ambientes


Gene J
GEA
Genes e Ambientes

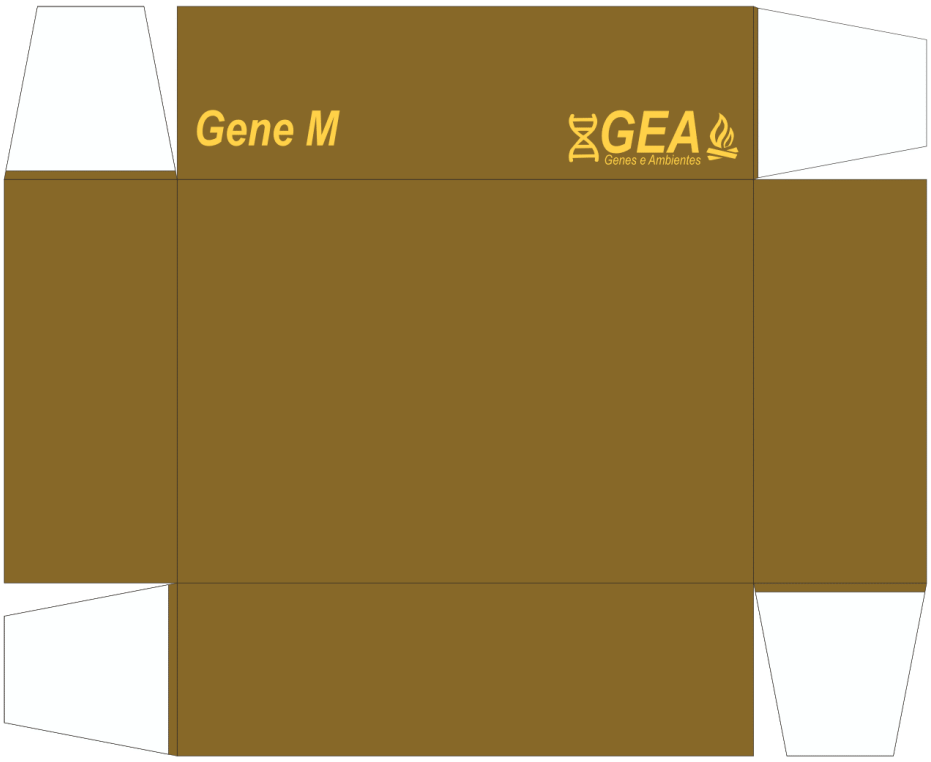
Gene J
GEA
Genes e Ambientes


Gene K
GEA
Genes e Ambientes

Gene K
GEA
Genes e Ambientes


Gene L
GEA
Genes e Ambientes

Gene L
GEA
Genes e Ambientes


Gene M
GEA
Genes e Ambientes

Gene M
GEA
Genes e Ambientes

Mutação Coringa
GEA
Genes e Ambientes

Mutação Coringa
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 01
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 1
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 02
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 2
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 03
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 3
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 04
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 4
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 05
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 5
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 06
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 6
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 07
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 7
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 08
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 8
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 09
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 9
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 10
GEA
Genes e Ambientes

Ambiente 10
GEA
Genes e Ambientes

Genes e Ambientes – Ficha De Anotações

Nome		Turma		Data	

Gene	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Genótipo													

Ambiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variação										

Mutação

Avatar

Questão

Genes e Ambientes – Regras

1 - Número de Participantes

Não existe um número fixo de participantes, o que determina este número são as quantidades de cópias do material fornecido e a forma de agrupamento dos participantes.

Os participantes são agrupados em entidades e estas, agrupadas. É necessária uma cópia do material dos genes e da mutação coringa por entidade e uma cópia do material do Ambiente por grupo de entidades. Cada participante receberá uma "Ficha de Anotação".

2 - Definição das Entidades

O professor será o coordenador da partida dividindo a turma em entidades. A quantidade de entidades depende da quantidade de conjuntos de cartas dos genes que foram confeccionadas. São necessárias 58 cartas entre genes e Mutação Coringa por entidade.

3 - Definição dos Grupos do Ambiente

Definir como as entidades serão distribuídas nos Ambientes. Pode-se definir que todas as entidades serão colocadas no mesmo ambiente, mostrando que genótipos diferentes têm uma adaptação diferente no mesmo ambiente ou separar as entidades em grupos para ambientes distintos. São necessárias 21 cartas de Ambiente por grupo de entidades

4 - Distribuição das Fichas de Anotações

Cada participante deve receber uma "Ficha de Anotações". Os alunos podem estar dispostos em círculos agrupados por entidade. Não são necessárias mesas, basta que os participantes tenham espaço e um apoio para preencherem a "Ficha de Anotações". Uma prancheta pode facilitar no processo de anotação das informações e na elaboração do "Avatar".

5 - Distribuição dos Alelos

O professor repassa a seguinte informação para os participantes:

> ***"A função do jogo é a formação do genoma de indivíduos da espécie GEA, uma espécie fictícia de mamífero. As características genéticas estão relacionadas a diferentes atributos fisiológicos, anatômicos e comportamentais dos indivíduos. Sendo a GEA uma espécie diplóide, serão sorteados dois alelos para cada um dos genes A ao M.***
> ***Só serão conhecidos os sobreviventes no final do jogo, pois o fenótipo de um Gene pode interferir em outro, e a interação com o ambiente é que será determinante na sobrevivência."***

O professor permite que um participante de cada entidade retire duas cartas da caixa do Gene A. O participante pode escolher qualquer carta da caixa, mas com as cartas viradas para que ele não possa ler o conteúdo das mesmas antes da escolha. O participante manterá as cartas na entidade repassando as informações dos alelos para os demais integrantes da entidade, para que preencha a "Ficha de Anotações" o genótipo sorteado no campo apropriado. Ex.: aA,BB,Cc,… Terminada a distribuição dos alelos do Gene A para todas as entidades, repete-se o processo para todos os Genes, de B ao M, nesta ordem.

Durante este sorteio o professor pode trazer discussões sobre o significado de cada fenótipo, interação alélica e significado evolutivo de cada característica. É importante informar os participantes de que só saberão que a espécie sobrevive ou não apenas no final do jogo, pois o fenótipo de um Gene pode interferir em outro, e a interação com o ambiente é que será determinante na sobrevivência.

6 - Distribuição dos Ambientes

Após as distribuições dos alelos de todos os Genes e respectivas anotações, começa a distribuição dos ambientes.

A forma de distribuição dos Ambientes varia conforme os agrupamentos das entidades:

Opção A - Todas as entidades pertencem ao mesmo ambiente

O professor pode sortear uma carta de Ambiente de 1 a 10, nesta ordem, lendo em voz alta para que todas as entidades façam as anotações na "Ficha de Anotações" no local apropriado para cada Ambiente.

Opção B - As entidades distribuídas em grupos

Cada grupo sorteia uma carta de cada um dos 10 Ambientes de 1 a 10, nesta ordem, e o representante de cada grupo repassa as informações para os demais participantes do seu grupo façam as anotações na "Ficha de Anotações" no local apropriado para cada Ambiente.

O código referente à característica selecionada de cada característica do ambiente consta no canto inferior direito das cartas dos ambientes. Ex: A01-B, A02-A, A03-B.

7 - Sorteio da "Mutação Coringa".

Após o sorteio de todos os ambientes, será o momento de jogar com a sorte, esperando ser agraciado com uma "Mutação Coringa".

Para mostrar a aleatoriedade da mutação, cada entidade escolhe um número aleatório de 1 a 6, joga um dado e, caso acerte o número sorteado, ganha o direito a uma carta aleatória da "Mutação Coringa". É importante que a carta volte à caixa de origem depois deste sorteio, para que mantenha sua probabilidade entre as opções de mutação. Esta rodada acontece apenas uma vez por entidade.

As cartas possuem duas opções, uma com "Mutação Sinônima" e, uma, com "Mutação Não Sinônima", para se trabalhar a questão que nem toda mutação resulta em uma alteração fenotípica. Caso a entidade sorteie a carta "Mutação Sinônima", o genótipo da entidade permanece como está. Caso tenha sorteado a "Mutação Não Sinônima", a entidade pode escolher apenas um alelo de um único gene entre Gene A e Gene M para ser alterado para outro alelo do mesmo gene, para tentar alterar o fenótipo de um gene, de forma a incrementar a adaptação do seu fenótipo ao ambiente. O participante pode virar as cartas do gene selecionado para escolher a que apresentará o melhor fenótipo para seu ambiente.

8 - Quem ganha?

Ganha(m) o jogo a(s) entidade(s) que sobreviver(em) ao ambiente.

9 - Finalização da Partida

Após a verificação de sobrevivência, todos os participantes deverão terminar de preencher a "Ficha de Anotações":

1 - Dados dos genes e ambientes.

2 - Elaborar uma representação gráfica (chamada de "Avatar") dos Seres hipotéticos em seu respectivo ambiente.

3 - Responder a questão: "Quais as relações existentes entre genes e ambientes?"

4 – Entregar a "Ficha de Anotações" para o professor, para avaliação e comprovação de participação na prática.

6 CAPÍTULO 2

Este capítulo corresponde à proposta de publicação na Revista Computers & Education (ISSN: 0360-1315).

A revista tem como objetivo aumentar o conhecimento e a compreensão das formas pelas quais a tecnologia digital pode melhorar a educação. Este objetivo está em acordo com o objetivo de divulgação da parte eletrônica e avaliativa do presente trabalho.

A revista pode ser acessada no sítio eletrônico:

<https://www.journals.elsevier.com/computers-and-education>

TÍTULO

APRENDIZAGEM DE SELEÇÃO NATURAL, A RELAÇÃO ENTRE A GENÉTICA E O MEIO AMBIENTE BASEADA NOS JOGOS GEA (GENES E AMBIENTES) e eGEA (GENES E AMBIENTES ELETRÔNICO): DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO

RESUMO

O aprendizado de genética e evolução em seus conceitos básicos necessitam de um razoável grau de abstração e a segmentação dos conteúdos faz com que os temas sejam tratados de forma desconectada. O uso de simulações como ferramenta auxiliar neste processo de abstração se mostra promissor, pois permite a demonstração da interação dinâmica entre os temas. Ferramentas didáticas com formato GAME-LIKE aumentam o interesse dos participantes devido à atratividade visual, interatividade, desafios e expectativa de premiação. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi desenvolver uma versão digital do jogo GEA (Genes e Ambientes), denominado eGEA (Genes e Ambientes Eletrônico) para o ensino de genética e evolução. Oficinas com aprendizes de escolas de ensino médio e universidades públicas e privadas foram utilizadas para as avaliações do jogo em suas duas versões. Duas abordagens foram utilizadas no processo de avaliação, análise de respostas escritas e análise de respostas pictórica de 312 aprendizes. A forma escrita foi avaliada quanto ao conteúdo da resposta (correta ou incorreta) e quanto às palavras utilizadas nas respostas, com as quais foram executadas rotinas de Text Mining e apresentação da análise na forma de *word clouds*. As imagens criadas pelos participantes (respostas pictóricas) foram avaliadas a partir de um conjunto de informações presentes no jogo. As análises demonstraram que as respostas escrita e pictórica estão correlacionadas e as palavras utilizadas nas respostas corretas e incorretas são semelhantes. Além disso, instituições privadas de ensino médio e públicas de ensino superior apresentaram melhor avaliação tanto na forma escrita como na pictórica. Finalmente, as duas versões do jogo apresentam diferença apenas na avaliação pictórica.

PALAVRAS CHAVES

Mídia em educação; Jogos em educação; Ensino de Genética; Mineração de Texto; Avaliação Pictográfica

INTRODUÇÃO

O jogo eGEA (Gene e Ambiente - Eletrônico) foi desenvolvido como uma forma eletrônica do jogo de cartas GEA - Genes e Ambientes (Alle et al., 2016), que tem como objetivo contribuir para a superação das dificuldades de abstração e compreensão encontradas no ensino/aprendizagem dos conhecimentos básicos de genética. O jogo utilizado por aprendizes com a tutoria de um professor propõe-se como recurso didático adaptável aos recursos, espaço e tempo disponíveis em sala de aula. Seu objetivo é promover a discussão e reforçar a compreensão de termos como gene, alelo, genótipo, fenótipo, homozigose, heterozigose, interações alélicas, como dominância, recessividade e co-dominância. Cada organismo, população ou espécie virtual é representada por um conjunto de características provenientes dos genes e em interação com o ambiente. Estes organismos ainda estão sujeitos à mutação e à ação da seleção natural.

Aprendizado de Genética baseado em jogos e simulações

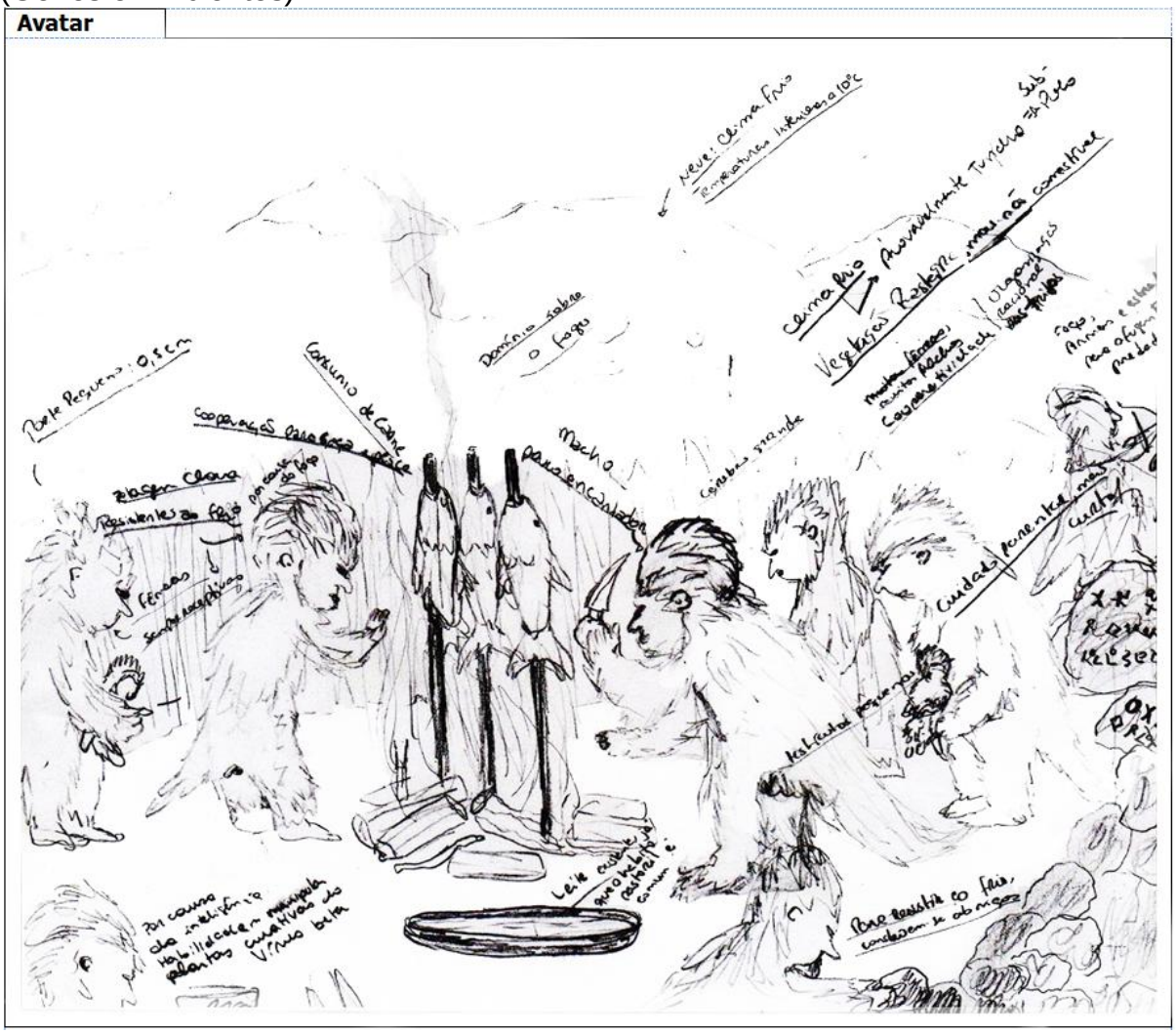
A utilização de simulações aplicadas ao ensino de genética, e no exemplo específico genética de populações, não é algo novo. Softwares como Populus (ALSTAD, 2001) já tem demonstrado sua utilidade didática no processo de aprendizagem com suas simulações. Os conteúdos de genética são variados, bem como a miríade de forma que estes assuntos podem ser trabalhados. Softwares como o Populus são interessantes, pois como um simulador de processos, auxilia na compreensão de conceitos abstratos. Jogos eletrônicos, porém, possuem um atrativo muito maior. Os jogos já fazem parte da vida cotidiana dos aprendizes, utilizam uma linguagem que eles conhecem desde muito cedo. Deste modo, trabalharmos o conteúdo com este formato *GAME-LIKE* pode aumentar o engajamento dos aprendizes no processo ensino/aprendizagem.

Avaliação Pictórica

Desde a década de 80 quando Howard Gardner, um psicólogo da Universidade de Harvard, propôs sua teoria das inteligências múltiplas, postulando que os indivíduos possuem oito ou mais tipos de inteligência, começamos a observar com mais atenção que aprendizes possuem diferentes tipos de cognição. Sendo assim, acreditamos que diferentes também são suas afinidades e facilidades para as diversas formas de comunicação: escrita, desenhada, falada, cantada, construída, etc. Deste modo, é possível que exista uma diferença na resposta apresentada a uma determinada questão proposta para os aprendizes, não apenas pela variação do conhecimento adquirido pelos mesmos. É possível incluir uma variação causada pela forma escolhida pelo avaliador para mensurar os resultados apresentados por estes. Neste sentido, apresentar informações e avaliar uma resposta de forma pictórica pode ser uma alternativa para a avaliação de resultados. Considerando que há 33.500 anos nossos ancestrais já eram capazes de descrever em termos visuais cenas de seu cotidiano (QUILES et al., 2016), talvez esta seja uma linguagem mais natural para os seres humanos do que a comunicação escrita. Neste trabalho consideramos que uma imagem que consegue informar/demonstrar a interpretação correta de um resultado é uma resposta correta. Ao conjunto de representações que formam uma imagem complexa damos o nome de Avatar. A Fig. 1 reproduz um exemplo de Avatar obtido da amostra.

Fig. 1. - Avatar

Resposta pictográfica da interpretação dos resultados sorteados no jogo GEA (Genes e Ambientes).



Text Mining

No Trabalho de Angeli et al. (2017) a mineração de dados foi utilizada para avaliar como aprendizes com diferentes tipos cognitivos interagem em um software de simulação de resolução de problemas, demonstrando como a mineração de dados pode ser utilizada para avaliações de softwares educacionais. A falta de engajamento e desmotivação de aprendizes e professores pode ser reflexo de uma discrepância de percepções de aprendizagem entre eles, enfatizando a importância da utilização destas ferramentas de análise.

A Mineração de texto é uma variação da mineração de dados, a abordagem utilizada no presente trabalho, onde foram comparadas frequências das palavras mais utilizadas nos textos das repostas avaliadas como corretas ou incorretas.

Stop words (Palavras de Parada)

As *Stop words* (palavras de parada) são aquelas consideradas irrelevantes para o conjunto de resultados a ser exibido. Incluem conjunções, proposições, entre outras, e devem ser removidas do conteúdo para a análise, pois as mesmas aparecem com uma alta frequência e não dão significado ao texto. Na

TABELA 01 encontramos a lista das palavras de parada utilizadas neste trabalho.

TABELA 01 - Lista das palavras consideradas “palavras de parada” (Stop Words) utilizada na filtragem do texto das respostas corretas na avaliação do jogo GEA

x	já	deles	estamos	houvessem	seremos
de	eu	essas	estão	houver	serão
a	também	esses	estive	houvermos	seria
o	só	pelas	esteve	houverem	seríamos
que	pelo	este	estivemos	houverei	seriam
e	pela	dele	estiveram	houverá	tenho
do	até	tu	estava	houveremos	tem
da	isso	te	estávamos	houverão	temos
em	ela	vocês	estavam	houveria	tém
um	entre	vos	estivera	houveríamos	tinha
para	depois	lhes	estivéramos	houveriam	tínhamos
com	sem	meus	esteja	sou	tinham
não	mesmo	minhas	estejamos	somos	tive
uma	aos	teu	estejam	são	teve
os	seus	tua	estivesse	era	tivemos
no	quem	teus	estivéssemos	éramos	tiveram
se	nas	tuas	estivessem	eram	tivera
na	me	nosso	estiver	fui	tivéramos
por	esse	nossa	estivermos	foi	tenha
mais	eles	nossos	estiverem	fomos	tenhamos
as	você	nossas	hei	foram	tenham
dos	essa	dela	há	fora	tivesse
como	num	delas	havemos	fôramos	tivéssemos
mas	nem	esta	hão	seja	tivessem
ao	suas	estes	houve	sejamos	tiver
ele	meu	estas	houvemos	sejam	tivermos
das	às	aquele	houveram	fosse	tiverem
à	minha	aquela	houvera	fôssemos	terei
seu	numa	aqueles	houvéramos	fossem	terá
sua	pelos	aquelas	haja	for	teremos
ou	elas	isto	hajamos	formos	terão
quando	qual	aquilo	hajam	forem	teria
muito	nós	estou	houvesse	serei	teríamos
nos	lhe	está	houvéssemos	será	teriam

Stemming **(raiz da palavra)**

As transformações para a raiz das palavras são necessárias para que as variações da palavra fiquem agrupadas, considerando que o significado é o mesmo, de forma a não pulverizar sua frequência. Exemplificando a necessidade da utilização do *Stemming* temos a palavra “adaptar”, que nos textos ocorre nas seguintes variações: adapta, adaptação, adaptações, adaptada, adaptadas, adaptado, adaptados, adaptam, adaptando, adaptarem, adaptativa, adaptativas, adaptáveis, adaptável, adapte e adaptem. São 17 formas diferentes de se utilizar a mesma palavra.

Para efetuar o processo de *Stemming,* foi montada uma tabela de substituição de 943 verbetes utilizada como base de dados do algoritmo, pois o

algoritmo padrão de substituição para a língua “portuguese” (Português do Brasil) não apresentava um resultado satisfatório, apresentando erros nas conversões.

O que procuramos?

Propomos as seguintes questões:

1) Existe uma resposta diferente entre questões respondidas após participação de uma prática utilizando-se um jogo eletrônico ou analógico?

2) Existe diferença entre uma resposta a uma questão apresentada de forma pictórica ou escrita?

3) Existe diferença nas respostas de aprendizes de escolas públicas e privadas?

4) A idade ou o sexo do aprendiz interfere na habilidade de responder de forma pictórica?

5) Há diferença significativa entre as palavras utilizadas nas respostas corretas e incorretas?

ESTE ESTUDO

Qual o nosso propósito

Nosso propósito foi desenvolver um software *GAME-LIKE* baseado em um jogo de cartas de papel pré existente e a utilização de jogos nestas duas mídias, verificando se o *feedback* dos participantes é similar. O assunto escolhido foi a relação entre genes e ambientes e suas implicações. Para avaliar suas respostas, utilizamos duas formas de avaliação, escrita e pictórica, procurando apresentar esta segunda como uma alternativa a ser considerada nas escolhas de ferramentas de avaliação de entendimento sobre um determinado conhecimento.

Hipóteses

As hipóteses propostas como respostas ao nosso propósito são as seguintes:

1) Em se existindo múltiplas formas de inteligência, aprendizes possuem afinidades e facilidades. Os diferentes tipos de habilidades refletem na correspondência entre a pontuação da resposta pictográfica e resposta escrita referentes à descrição de um conhecimento;

2) Existe diferença na quantidade das respostas corretas comparando o jogo analógico e digital;

3) Existe diferença na pontuação da avaliação pictórica comparando aplicações do jogo em suas formas analógica ou digital;

4) Existe reflexo nas respostas comparando escolas e universidades públicas e privadas;

5) Existe diferença entre o vocabulário utilizado nas respostas corretas e incorretas.

MATERIAL E MÉTODOS

Nossos participantes

A amostra do presente trabalho consiste de aprendizes que já obtiveram um conhecimento mínimo sobre genética em seu ensino curricular. Para filtrar tal contato com o conhecimento, participaram da amostra pessoas com grau de instrução variando do segundo ano do ensino médio a aprendizes cursando o ensino superior. Os participantes frequentavam escolas e universidades públicas e privadas da cidade de Curitiba no sul do Brasil. O total de 312 participantes deste estudo estava distribuído em oito grupos. Os grupos estão representados na

TABELA 02, 95 dos participantes eram do sexo masculino, 173 do sexo feminino e 44 não declararam o sexo. As IDs (Idades dos Participantes) variavam de 15 a 44 anos de idade ($\overline{x}$=18,54; x_{med}=17; s =4,55).

TABELA 02 - Distribuição de oito grupos de aprendizes participantes de testes com as versões do jogo GEA

Grupo	GI	TI	VJ	N
Grupo 01	Ensino Médio	Privada	Analógica	6
Grupo 02	Ensino Médio	Privada	Analógica	41
Grupo 03	Universitário	Pública	Analógica	54
Grupo 04	Universitário	Privada	Eletrônica	46
Grupo 05	Ensino Médio	Privada	Eletrônica	44
Grupo 06	Ensino Médio	Pública	Eletrônica	2
Grupo 07	Ensino Médio	Pública	Eletrônica	96
Grupo 08	Universitário	Pública	Eletrônica	23
Total				312

GI-Grau da Instituição;TI – Tipo de Instituição ; VJ Versão do Jogo

Metodologia

GEA - Genes e Ambiente

O Jogo GEA - Genes e Ambiente (ALLE et al., 2016) disponível para *download* gratuito em www.lec.ufpr.br/gea, é um jogo de cartas confeccionadas em papel, dividido em vinte e quatro conjuntos de cartas. Estas cartas pertencem a três grupos de cartas:

1) Genes - as cartas representam alelos de treze diferentes genes;

2) Ambiente - as cartas representam dez conjuntos de características do ambiente;

3) Mutação - possui apenas um conjunto de cartas que informam a possibilidade de uma mutação com ou sem efeito genotípico.

A dinâmica do jogo ou metodologia de aplicação tem a seguinte seqüência:

1) Explicações iniciais sobre o jogo;

2) Sorteio aleatório dos conjuntos de cartas para os participantes;

3) Preenchimento de uma “Ficha de Anotações” com os dados sorteados;

4) Resposta na “Ficha de Anotações”, de forma escrita à questão: “Qual a relação existente entre Genes e Ambientes?”;

5) Elaboração de uma representação pictórica do resultado sorteado chamado de “Avatar” na “Ficha de Anotações”.

Fases do Estudo

A trajetória do estudo foi dividida em 8 fases:

1. **Aplicações com a versão analógica**
   Utilização do jogo GEA em sua versão impressa em papel, seguindo a dinâmica proposta pelo jogo.

2. **Desenvolvimento de uma versão digital do jogo GEA**

Considerando a variedade de sistemas operacionais encontradas nas escolas, a diferença na qualidade dos computadores e a disponibilidade ou não de Internet, optou-se por utilizar a linguagem Java®, que além de suprir as necessidades criadas por estas realidades tem a vantagem de ser uma linguagem disponível gratuitamente e amplamente utilizada. Procurou-se desenvolver o software com a mecânica de jogo e aparência o mais parecido quanto possível da versão em papel.

Nas Fig. **2** e Fig. 3 pode se observar o aspecto visual das duas versões.

Fig. 2. - Reprodução fotográfica do GEA (Genes e Ambientes) Versão Analógica

Fig. 3. - Reprodução fotográfica do eGEA (Genes e Ambientes Eletrônico) Versão eletrônica do jogo GEA em execução em um notebook

3. Aplicação com a versão digital

Utilização do jogo GEA em sua versão digital eGEA, seguindo a dinâmica proposta pelo jogo.

4. Digitalização das "Fichas de Anotações"

Todas as fichas foram digitalizadas e eventuais informações pessoais foram rasuradas ou encobertas posteriormente em software de edição de imagem.

O conteúdo dos dados sorteados e as respostas escritas foram digitados em planilha eletrônica para posteriormente serem utilizados como base de dados na execução de rotinas do "tm Package" Text Mining na linguagem R. (Feinerer et al., 2008)

5. Avaliação e Plotagem dos dados

As respostas escritas (RE) foram avaliadas e ranqueadas com valores de 0 a 1, com intervalos de 0,25 correspondente à proximidade com a expectativa de uma resposta correta.

As respostas pictóricas (RA) foram avaliadas e ranqueadas com valores de 0 a 23, valor máximo esperado de representações das

interpretações dos 23 conjuntos de cartas sorteados, desconsiderando-se a “mutação coringa” nesta contagem.

Cada informação de um dos 13 fenótipos possíveis representada na imagem considerava 1 ponto e cada uma das 10 características do ambiente também agregava um ponto a cada característica representada no Avatar.

6. Text Mining

Para efetuar a mineração do texto foram necessárias algumas etapas para tornar possível o *ranking* dos verbetes.

A primeira etapa consistia no processo de digitação das respostas escritas, os erros ortográficos foram omitidos e a informação digitada com a ortográfica correta.

Na segunda etapa foi executada a conversão da caixa das palavras, fazendo com que todo o texto estivesse disponível em letras minúsculas ou caixa baixa. Este banco de dados foi utilizado como base para as rotinas em linguagem R (R Core Team, 2014).

Parte do processo de normatização foi a remoção de pontuação, caracteres especiais e números presentes no texto.

Para efetuar a análise de frequência de palavras foram necessárias transformações das flexões verbais, número e gêneros, características da língua portuguesa que separavam palavras semelhantes em diferentes grupos, pulverizando suas frequências nos textos das respostas escritas nos processos de análises de *Text Mining*.

Após este tratamento foi executada uma rotina para a remoção das *Stop words*, permitindo desta forma a execução da rotina para a montagem de uma tabela com as frequências da ocorrência das palavras presentes no texto utilizando o pacote “tm” de (FEINERER et al., 2008).

7. Visualização dos Dados

Devido a parte do estudo envolver mineração de dados em sua versão *Text Mining*, um grande número de palavras forma a base para este tipo de análise. A transformação das palavras em classes, ao fazer suas totalizações de frequências, faz com que a visualização dos dados seja relevante e exibir dados em forma de um histograma poderia trazer mais precisão na visualização da proporção de suas frequências, porém, considerando a quantidade de classes, a utilização de gráficos tipo *word cloud* é uma forma mais informativa de comunicação dos resultados

Joshy et al. (2016) utilizaram esta forma de abordagem para dados de avaliação por usuários de sítios eletrônicos, mostrando quais são as palavras mais e menos utilizadas em um texto, em seu caso, o conteúdo de sítios eletrônicos.

Word cloud é um tipo de gráfico, cuja imagem é formada por palavras dispostas do seguinte modo: ao centro são posicionadas as palavras mais freqüentes, ao redor destas outras palavras são posicionadas de forma a preencher os espaços vazios. Esta forma de distribuição pode fazer com que palavras menos freqüentes sejam posicionadas muito perto das com frequências muito maiores, porém, este posicionamento serve apenas para aproveitar o espaço disponível e não se presta a mostrar a proximidade entre as palavras no texto.

O *word cloud* nos apresenta duas informações: as palavras e as suas respectivas frequências no texto estudado. As palavras são representadas por elas mesmas e as suas frequências são representadas por duas informações, tamanho e cor. Quanto mais freqüente uma palavra, maior ela aparece na imagem e quanto menor a frequência menor a palavra. As cores podem ser aleatórias para cada frequência ou formar um gradiente de cores correlacionado ao gradiente de frequência das palavras. Neste estudo foi utilizada esta última forma de abordagem para a cor das palavras do *word cloud*.

Da lista de frequência de palavras organizadas da mais para as menos freqüente, selecionamos as 100 palavras mais freqüentes e as utilizamos

para as análises estatísticas e para a montagem de *word clouds* utilizando o pacote “wordcloud” de (FELLOWS, 2013).

RESULTADOS

A estatística descritiva para os valores de RA e RE em toda a amostra e estratificados por GI (Grau de Instrução) são apresentados na TABELA 03

TABELA 03 - Valores das avaliações RA e RE das amostras total e estratificada por nível da instituição de ensino.

Todos os Registros							
Avaliações	N	Média	Mínimo	Máximo	Variância	DP	EP
RA	312	11,74	0,00	23,00	22,10	4,70	0,27
RE	312	0,47	0,00	1,00	0,20	0,45	0,03
Universitário							
RA	123	12,99	3,00	23,00	17,75	4,21	0,38
RE	123	0,57	0,00	1,00	0,20	0,45	0,04
Ensino Médio							
RA	189	10,93	0,00	22,00	23,36	4,83	0,35
RE	189	0,40	0,00	1,00	0,19	0,44	0,03

DP - Desvio Padrão; EP - Erro Padrão; RA - Pontuação do Avatar; RE - Valor da Resposta Escrita

Considerando que RA (Pontuação do Avatar) e RE (Valor da Resposta escrita) estão significativamente correlacionadas (r = 0,11254 p= 0,0467), para as análises de regressão múltipla foram, incluídas apenas RA ou RE em cada análise.

Os resultados das análises de Regressão Múltipla, considerando como variáveis dependentes RE ou RA estão plotadas na TABELA 04 e

TABELA 05, respectivamente.

TABELA 04 - Resultados das análises de Regressão Múltipla, utilizando RE como variável dependente na amostra total e estratificada por nível da instituição de ensino.

AMOSTRA TOTAL			
Variáveis Independentes	b	EP	p-value
SX	-0,069	0,058	0,234
ID	-0,018	0,009	0,062
TI	0,118	0,062	0,060
GI	0,403	0,090	0,000
VJ	-0,046	0,065	0,474
AMOSTRA UNIVERSITÁRIOS			
SX	0,089	0,115	0,440
ID	-0,014	0,010	0,138
TI	-0,439	0,141	0,003
VJ	0,132	0,117	0,264
AMOSTRA SECUNDARISTAS			
SX	-0,083	0,067	0,218
ID	0,029	0,048	0,539
TI	0,274	0,082	0,001
VJ	0,051	0,092	0,583

EP Erro Padrão; SX Sexo; ID Idade; TI Tipo de Instituição (Pública ou Privada); GI Grau de Instrução (Universitário ou Ensino Médio); VJ Versão do Jogo (GEA ou eGEA)

TABELA 05 - Resultados das análises de Regressão Múltipla, utilizando RA como variável dependente na amostra total e estratificada por nível da instituição de ensino.

AMOSTRA TOTAL			
Variáveis Independentes	b	EP	p-value
SX	0,085	0,559	0,879
ID	-0,028	0,091	0,760
TI	0,338	0,604	0,576
GI	4,533	0,870	0,000
VJ	5,079	0,628	0,000
AMOSTRA UNIVERSITÁRIOS			
SX	0,117	0,893	0,896
ID	-0,009	0,074	0,908
TI	-4,817	1,092	0,000
VJ	6,686	0,906	0,000
AMOSTRA SECUNDARISTAS			
SX	0,475	0,691	0,492
ID	0,116	0,490	0,815
TI	2,101	0,844	0,014
VJ	6,381	0,949	0,000

EP Erro Padrão;SX Sexo;ID Idade;TI Tipo de Instituição (Pública ou Privada); VJ Versão do Jogo (GEA ou eGEA)

Comparando a média de RE entre universidades públicas (0,705 ± 0,044) e privadas (0,337 ± 0,068) a diferença é significativa (Z= 4,299316 e p= 0,000017). Na mesma comparação para o ensino médio, nota-se que a média é significativamente maior (Z=-4,71999 e p=0,000002) no ensino privado (0,536 ± 0,042) quando comparado com o público (0,278 ± 0,044).

Após padronizar para a versão eletrônica do jogo, a comparação da média de RA entre universidades públicas (18,174 ± 0,568) e privadas (12,4565217 ± 0,566) mostrou que a diferença é significativa (Z= 5,259026 e p< 0,00001). Na mesma comparação para o ensino médio, nota-se que a média é significativamente maior (Z= -2,14952 e p= 0,031594) no ensino privado (13,545 ± 0,473) quando comparado com o público (11,489 ± 0,488).

A partir do *Text Mining* foi obtida uma lista com um conjunto de palavras utilizadas nos textos das respostas escritas. Desta listagem selecionamos as 100 palavras de maior ocorrência nos textos das respostas. A TABELA 06 representa a lista de palavras selecionadas com as respectivas FRC (Frequência nas Respostas textuais Corretas) e FRI (Frequência nas Respostas textuais Incorretas). As comparações entre FRC e FRI das 100 palavras mais freqüentes mostraram diferença significativa (após correção de Bonferroni para testagem múltiplas) em apenas duas palavras: ***viver*** (p=0,000306) e ***mudar*** (p=0,000102).

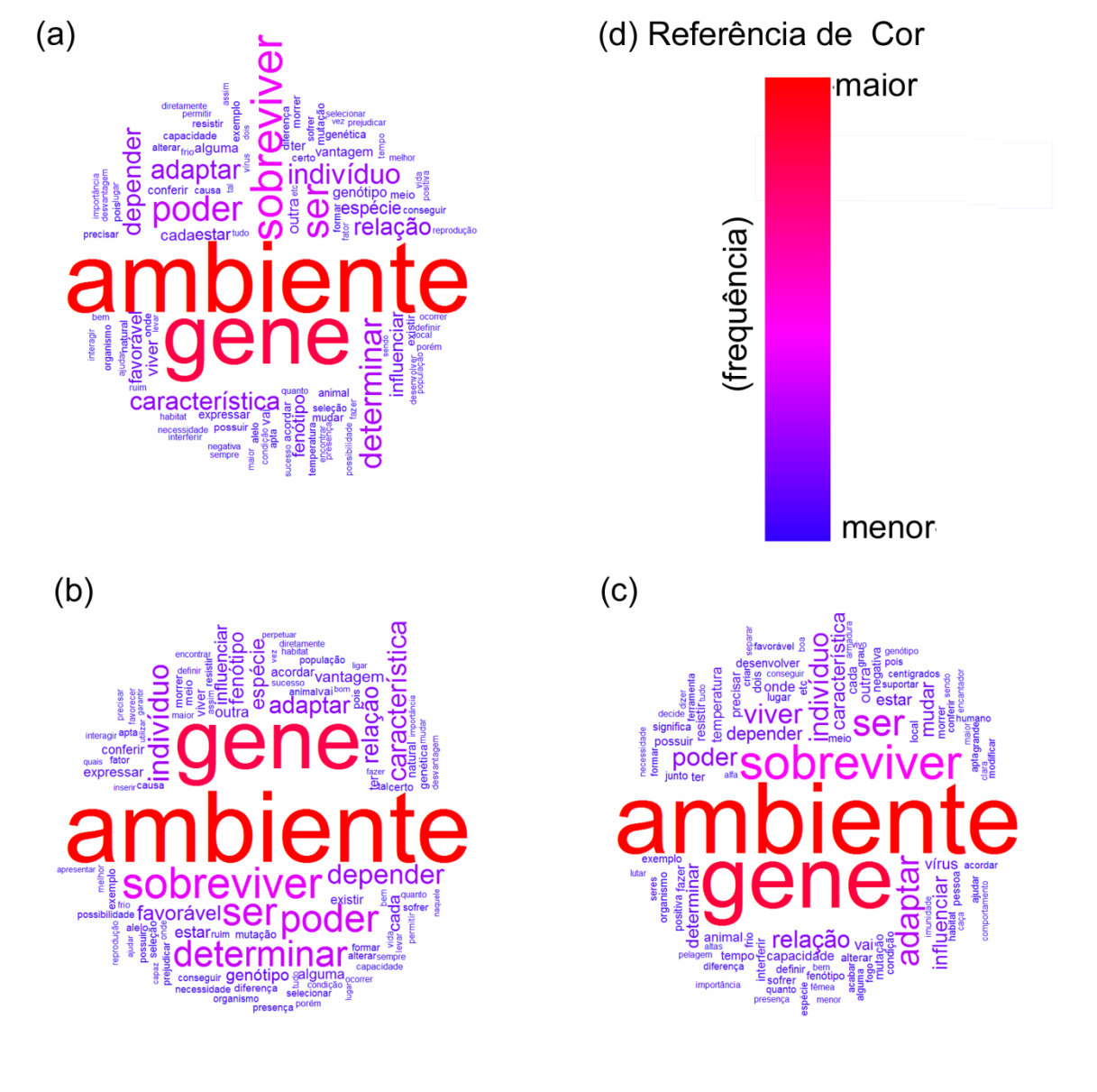
Como forma gráfica de representação dos valores presentes na TABELA 06 apresentamos *word clouds* presentes na Fig. 4 para uma análise visual e comparação dos três grupos de respostas.

TABELA 06 – Palavras mais frequentes e suas respectivas FRC (Frequência nas Respostas Textuais Corretas) e FRI (Frequência nas Respostas Textuais Incorretas) e valor de p associado à suas diferenças*.

Ordem	Palavra	FRC	FRI	p
001º	ambiente	240	84	0,839
002º	gene	200	73	0,893
003º	sobreviver	95	38	0,562
004º	ser	85	28	0,691
005º	poder	84	17	0,027
006º	determinar	77	10	0,001
007º	indivíduo	58	19	0,729
008º	depender	54	11	0,080
009º	característica	53	12	0,143
010º	adaptar	46	24	0,130
011º	relação	44	16	0,962
012º	espécie	37	3	0,006
013º	favorável	37	3	0,006
014º	fenótipo	35	4	0,021
015º	influenciar	29	13	0,500
016º	cada	27	6	0,282
017º	estar	25	9	0,992
018º	genótipo	25	2	0,025
019º	vantagem	24	0	0,003
020º	outra	22	8	0,973
021º	alguma	20	3	0,145
022º	expressar	19	0	0,009
023º	**viver**	**17**	**19**	**0,000***
024º	ter	16	5	0,787
025º	conferir	16	3	0,293
026º	existir	16	1	0,054
027º	acordar	15	3	0,348
028º	natural	14	0	0,025
029º	vai	13	8	0,222
030º	meio	13	4	0,788
031º	genética	13	2	0,250
032º	certo	12	1	0,125
033º	seleção	12	0	0,038
034º	mutação	11	5	0,659
035º	exemplo	11	4	0,981
036º	morrer	11	4	0,981
037º	diferença	10	3	0,786
038º	pois	10	3	0,786
039º	alelo	10	1	0,192
040º	causa	10	1	0,192
041º	animal	9	6	0,231
042º	formar	9	3	0,912
043º	conseguir	9	2	0,536
044º	população	9	0	0,072
045º	possibilidade	9	0	0,072
046º	ruim	9	0	0,072
047º	resistir	8	6	0,161
048º	possuir	8	5	0,323
049º	alterar	8	4	0,585
050º	organismo	8	4	0,585

Ordem	Palavra	FRC	FRI	p
051º	sofrer	8	4	0,585
052º	apta	8	3	0,947
053º	necessidade	8	2	0,646
054º	presença	8	2	0,646
055º	fator	8	1	0,298
056º	prejudicar	8	0	0,090
057º	selecionar	8	0	0,090
058º	tal	8	0	0,090
059º	onde	7	7	0,045
060º	capacidade	7	6	0,105
061º	habitat	7	3	0,796
062º	melhor	7	1	0,372
063º	assim	7	0	0,113
064º	desvantagem	7	0	0,113
065º	permitir	7	0	0,113
066º	porém	7	0	0,113
067º	sucesso	7	0	0,113
068º	**mudar**	**6**	**12**	**0,000***
069º	precisar	6	6	0,063
070º	condição	6	4	0,328
071º	definir	6	4	0,328
072º	frio	6	4	0,328
073º	quanto	6	3	0,636
074º	bem	6	2	0,928
075º	maior	6	2	0,928
076º	tudo	6	2	0,928
077º	diretamente	6	1	0,467
078º	encontrar	6	1	0,467
079º	interagir	6	1	0,467
080º	ocorrer	6	1	0,467
081º	reprodução	6	1	0,467
082º	sempre	6	1	0,467
083º	vida	6	1	0,467
084º	favorecer	6	0	0,142
085º	levar	6	0	0,142
086º	fazer	5	5	0,090
087º	lugar	5	4	0,219
088º	ajudar	5	3	0,476
089º	importância	5	2	0,896
090º	apresentar	5	1	0,588
091º	utilizar	5	1	0,588
092º	vez	5	1	0,588
093º	bom	5	0	0,180
094º	garantir	5	0	0,180
095º	inserir	5	0	0,180
096º	ligar	5	0	0,180
097º	naquele	5	0	0,180
098º	perpetuar	5	0	0,180
099º	quais	5	0	0,180
100º	temperatura	4	7	0,005

Fig. 4. – Word clouds das respostas escritas (a) Todas as respostas (b) Apenas respostas corretas (c) Apenas respostas incorretas (d) legenda de frequência x cores



DISCUSSÃO

Respostas Escritas (RE) e Respostas Pictóricas (RA)

Na análise de dados da totalidade da amostra presente na TABELA 04, observamos que o GI (Grau de Instrução) influencia na RE (Resposta Escrita) e RA (Resposta Pictórica), o que era esperado, pois aprendizes com graduação nas áreas de Ciências Biológicas e de Saúde possuem um aprofundamento maior nos assuntos propostos.

O TI (Tipo de Instituição) não aparece como variável de influência na RE e RA da amostra total, pois, no ensino brasileiro, há uma inversão na avaliações entre ensino médio e superior públicos e privados. Considerando as comparações de RE e RA, percebe-se que a avaliação de instituições públicas e privadas se invertem do Nível Médio para o Universitário. Os resultados do presente estudo refletem uma peculiaridade já conhecida do ensino brasileiro, onde o ensino médio privado e universitário público apresentam uma resposta melhor que ensino médio público e universitário privado. Sampaio e Guimarães (2009) avaliaram escolas do ensino médio e encontraram diferença nos índices de eficiências entre ensino público estadual e privado, porém as escolas públicas federais apresentaram eficiências próximas às privadas.

Embora fosse esperada uma diferença nas respostas RA e RE devido às diferentes habilidades cognitivas dos aprendizes, a única diferença encontrada foi em relação à versão do jogo (VJ). Nos dados apresentados na

TABELA 05 avaliamos que os valores de RA são influenciados também pela versão do jogo (VJ) se eletrônica ou analógica. A versão eletrônica possui um recurso que não é presente na versão analógica, conforme o processo de sorteio das características genéticas e ambientais segue, é criado automaticamente um Avatar genérico na tela do jogo. É provável que o fato de existir uma imagem para referência inspire o participante na criação do seu próprio Avatar com uma maior quantidade de informações.

Text Mining

A análise das respostas corretas e incorretas apresenta diferença significativa em apenas 2% das palavras selecionadas (TABELA 06). Como pode-se

observar na Fig. 4, *word clouds* gerados com as 100 palavras mais freqüentes são muito parecidos visualmente, o que reflete a falta de diferença significativa na frequência calculada para as palavras. O que leva à questão de que os aprendizes tiveram contato com conhecimento necessário, porém em parte da amostra este conhecimento está desorganizado com confusão do significado dos termos, o que os leva a uma resposta inconsistente, considerada incorreta.

LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a disseminação em massa de smartphones, uma versão adaptada para este meio parece ser promissora e a interação digital entre os jogadores também poderia trazer uma camada a mais de complexidade, trazendo a possibilidade de novas discussões. Com relação à avaliação pictórica, a tecnologia de análise e interpretação das imagens por meio de software, ao nível necessário pra esta avaliação, ainda não é disponível. Uma forma eletrônica da “Ficha de Anotações” traria mais agilidade no tratamento dos dados, principalmente com relação às respostas escritas e ao processo de *Text Mining*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLE, B. R.; ANDRADE, F. A. DE; HASS, I.; FURTADO-ALLE, L. MATERIAIS DIDÁTICOS GEA – Genes e Ambientes. (E. M. B. Dessen, Ed.) **Revista Genética na Escola**, v. 11, p. 170–2019, 2016.

ALSTAD, D. N. **Basic populus models of Ecology**. Minnesota: Prentice Hall, 2001.

ANGELI, C.; HOWARD, S. K.; MA, J.; YANG, J.; KIRSCHNER, P. A. Data Mining in Educational Technology Classroom Research: Can it Make a Contribution? **Computers & Education**, 2017.

FEINERER, I.; HORNIK, K.; MEYER, D. Text Mining Infrastructure in R. **Journal of Statistical software**, v. 25, n. 5, p. 1–54, 2008.

FELLOWS, I. **wordcloud**: Word Clouds. , 2013.

JOSHY, N. M.; GEORGE, S.; AUGUSTINE, N. K.; JOHNSON, R.; JOSEPH, C. T. Website Analysis for Parental Control. Procedia Computer Science, v. 93, p. 910–916, 2016.

QUILES, A.; VALLADAS, H.; BOCHERENS, H.; et al. A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d’Arc, Ardèche,

France. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 17, p. 4670–4675, 2016.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. , 2014.

SAMPAIO, B.; GUIMARÃES, J. Diferenças de eficiência entre ensino público e privado no Brasil. **Revista Economia Aplicada**, v. 13, n. 1, p. 45–68, 2009.

7 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da ferramenta *game-like* possui uma boa receptividade dos aprendizes que mostram um engajamento nas atividades propostas. O desenvolvimento em duas mídias analógica e computacional foi satisfatório e as ferramentas desenvolvidas se mostraram boas auxiliares para a compreensão e demonstração dos tópicos de genética e evolução no ensino médio e superior.

Na avaliação das diferentes versões, aprendizes com um maior grau de instrução apresentaram respostas mais consistentes, já esperadas pelo acumulo de conhecimento. A diferença encontrada nas respostas pictóricas entre as versões digital e analógica provavelmente é devida às informações visuais presentes na versão digital e ausentes na analógica.

A disponibilização *no sítio eletrônico* <www.lec.ufpr.br/gea> por meio de *download* de arquivos mostrou se a melhor ferramenta de distribuição.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de trabalhar com jogos didáticos é um desafio bastante significativo, tornar os produtos desenvolvidos atrativos para que realmente haja o interesse dos participantes aumentando o engajamento dos mesmos nas práticas propostas e ainda assim não perder o foco na qualidade do conhecimento científico ensinado. Este não é um processo trivial, porém estar na busca de ferramentas que auxiliem no processo ensino/aprendizagem é algo instigante, necessário e gratificante. Da mesma forma como o conhecimento científico aumenta a cada dia, os processos de divulgação destes conhecimentos necessitam de incremento. Existem pesquisadores ao redor do mundo que se empenham no desenvolvimento destas ferramentas, porém na língua portuguesa do Brasil ainda são pouco frequentes e a questão da língua é um limitante para sua utilização, principalmente nas escolas de ensino médio. Este papel precisa ser assumido pelos pesquisadores que, assim como acompanham os avanços científicos e tecnológicos em suas pesquisas, precisam auxiliar na transposição destes conhecimentos para a educação.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLE, B. R.; ANDRADE, F. A. DE; HASS, I.; FURTADO-ALLE, L. MATERIAIS DIDÁTICOS GEA – Genes e Ambientes. (E. M. B. Dessen, Ed.)**Revista Genética na Escola**, v. 11, p. 170–2019, 2016.

ALLE, B. R.; FURTADO-ALLE, L.; GONDRO, C. Kuri: A Simulator of Ecological Genetics for Tree Populations. **Journal of Artificial Evolution and Applications**, v. 2009, p. 1–5, 2009.

ALSTAD, D. N. **Basic populus models of Ecology**. Minnesota: Prentice Hall, 2001.

ANGELI, C.; HOWARD, S. K.; MA, J.; YANG, J.; KIRSCHNER, P. A. Data Mining in Educational Technology Classroom Research: Can it Make a Contribution? **Computers & Education**, 2017.

BEDAU, M. Can Unrealistic Computer Models Illuminate Theoretical Biology? **Proceedings of GECCO 1999**, p. 20–23, 1999.

BEDAU, M. A.; MCCASKILL, J.; PACKARD, N.; et al. Open problems in artificial life. **Artificial Life**, v. 6, n. 4, p. 363–376, 2000.

BLACKBURN, S. **Dicionário Oxford de filosofia**. Jorge Zahar Editor, 1997.

CANTÚ, M. **Dominando o Delphi 4 - a Bíblia**. Makron Books, 1999.

CASTI, J. L. **Mundos virtuais como a simulação esta mudando as fronteiras da ciencia**. Revan, 1998.

CROW, J. F. Hardy, Weinberg and language impediments. **Genetics**, 1999.

FEINERER, I.; HORNIK, K.; MEYER, D. Text Mining Infrastructure in R. **Journal of Statistical software**, v. 25, n. 5, p. 1–54, 2008.

FELLOWS, I. wordcloud: Word Clouds. , 2013.

GALVIS PANQUEVA, A. H. AMBIENTES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ENRIQUECIDOS CON COMPUTADOR. **Boletín de Informática Educativa**, v. 1, n. 2, p. 117–145, 1988.

GONDRO, C. **Modelagem e implantação de um modelo biológico computacional para estudos em genética de populações**. 2001. 170 f. Universidade Federal do Paraná. 2001.

GONDRO, C.; MAGALHÃES, J. C. M. A Simple Genetic Algorithm for Studies of Mendelian Populations. **Recent Advances in Artificial Life**. p.85–98, 2006.

JANS, S. DE; GEIT, K. VAN; CAUBERGHE, V.; HUDDERS, L.; VEIRMAN, M. DE. Using games to raise awareness: How to co-design serious mini-games? **Computers and Education**, v. 110, p. 77–87, 2017.

JONKER, V.; WIJERS, M.; GALEN, F. VAN. The motivational power of mini-games for the learning of mathematics. **Third European Conference on Gamebased Learning (ECGBL)**, p. 202–210, 2009.

JOSHY, N. M.; GEORGE, S.; AUGUSTINE, N. K.; JOHNSON, R.; JOSEPH, C. T. Website Analysis for Parental Control. **Procedia Computer Science**, v. 93, p. 910–916, 2016.

LEVIN, S. A.; GRENFELL, B.; HASTINGS, A.; PERELSON, A. S. Mathematical and Computational Challenges in Population Biology and Ecosystems Science. **Science**, v. 275, n. 5298, p. 334–343, 1997.

MARTINELLI, D. P. A utilização dos jogos de empresas no ensino de administração. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 23, n. 3, 1988.

QUILES, A.; VALLADAS, H.; BOCHERENS, H.; et al. A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche, France. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 17, p. 4670–4675, 2016.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. , 2014.

SAMPAIO, B.; GUIMARÃES, J. Diferenças de eficiência entre ensino público e privado no Brasil. **Revista Economia Aplicada**, v. 13, n. 1, p. 45–68, 2009.

SARAIVA, T. Educação a distância no Brasil: lições da história. **Em Aberto**, v. 16, n. 70, /jun., p. 17–27, 1996.

TAKATUZI, S. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS PARA ESTIMAR POPULAÇÃO EFETIVA (N e) USANDO SIMULAÇÕES ESTUDO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS PARA. , 2004.

VARENNE, F. What does a computer simulation prove ? **Society for Computer Simulation**, , n. Naylor 1966, p. 549–554, 2001.

APÊNDICE A – FICHA DE ANOTAÇÕES

Genes e Ambientes – Ficha De Anotações

T2017____-___

SEXO(M/F)	Idade	Curso/Instituição

Gene	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Genótipo													

Ambiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variação										

Mutação

Avatar

Questão