

**NELSON LUCENA CORDEIRO
RUAN COSTA BORGES**

**ADAPTAÇÃO DIGITAL DO JOGO VIDA E MORTE DOS
LINFÓCITOS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

**NITERÓI
2012**

**NELSON LUCENA CORDEIRO
RUAN COSTA BORGES**

**ADAPTAÇÃO DIGITAL DO JOGO VIDA E MORTE DOS
LINFÓCITOS**

**MONOGRAFIA: CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientado pela Prof.^a Dr.^a Rosângela Lopes Lima

**NITERÓI
2012**

NELSON LUCENA CORDEIRO
RUAN COSTA BORGES

**ADAPTAÇÃO DIGITAL DO JOGO VIDA E MORTE DOS
LINFÓCITOS**

**MONOGRAFIA: CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

PROF.^a DR.^a ROSÂNGELA LOPES LIMA
Universidade Federal Fluminense – UFF

PROF. DR. RODRIGO SALVADOR MONTEIRO
Universidade Federal Fluminense – UFF

PROF.^a DR.^a GERLINDE AGATE PLATAIS BRASIL TEIXEIRA
Universidade Federal Fluminense – UFF

NITERÓI

2012

As nossas famílias:

Os maiores incentivadores para a nossa formação
acadêmica.

E as pessoas que trabalham para a democratização da
educação.

Agradecimentos

À Universidade Federal Fluminense onde encontramos um ambiente acolhedor.

A todos os professores que compartilharam conhecimento conosco e principalmente a nossa orientadora que além de nos ter dado grande auxílio na criação do projeto, tornou-se uma grande amiga.

À professora do Instituto de Biologia, Gerlinde Agate Platais Brasil Teixeira, e ao monitor de Imunogenética do mesmo departamento, Luís Felipe Cunha dos Santos, que nos auxiliaram sempre que foi necessário em todos os aspectos do mecanismo do jogo e na compreensão do conteúdo educativo.

Aos amigos e familiares que estiveram juntos conosco desde o início da faculdade, nas derrotas e nas vitórias, sempre nos auxiliando e nos apoiando.

A todas as pessoas que nos ajudaram testando a ferramenta, dando sugestões, fazendo críticas e elogios.

Resumo

Os jogos educacionais são mecanismos de aprendizado que buscam unir conhecimento e entretenimento. O jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” encontra-se nesse contexto. O referido jogo trata, de modo resumido, dos passos que ocorrem durante a ontogenia dos linfócitos e tem por objetivo demonstrar aos alunos do curso de Imunologia a aleatoriedade encontrada no resultado final e auxiliar a compreensão dos passos do processo. Contudo para se chegar a um tamanho de amostra suficientemente grande que evidencie tal aleatoriedade é necessário jogar várias vezes, o que demanda tempo e consumo de material, sobretudo papel. Este trabalho monográfico foi idealizado a fim de potencializar a utilidade, reduzindo o tempo despendido em aula e a quantidade de material utilizada para a execução do jogo. O resultado esperado é sua adaptação para o meio digital preservando sua característica principal, uma ferramenta de auxílio a aprendizagem. Neste trabalho também são descritas todas as etapas do projeto, desde o levantamento de requisitos, passando pelo seu desenvolvimento e por fim a disponibilização da versão digital do jogo para testes com usuários e os resultados obtidos..

Palavras-chaves: “vida e morte dos linfócitos”, jogo educacional, imunologia.

Abstract

Educational games are learning mechanisms that seek to unite knowledge and entertainment. The game "Vida e Morte dos Linfócitos" is in this context. This game is so brief, the steps that occur during the ontogeny of lymphocytes and aims to demonstrate to students of Immunology randomness found in the final result and the process steps. However to achieve a sample size large enough to show that randomness is needed to play several rounds which requires time and material consumption for the preparation of the game, especially paper. This monograph was designed to enhance the usefulness, reducing the time spent in class and the quantity of material used for play. The expected outcome of this game is takes it to the digital medium, preserving this principal characteristic, a aid learning tool. This paper also describes all stages of the project, from requirements definition, through development and finally the release of digital version for user testing and the results of this.

Key words: "vida e morte dos linfócitos", educational game, immunology

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivo do trabalho	3
1.3	Coleta de requisitos.....	4
1.4	Justificativa.....	4
1.5	Estrutura do trabalho.....	5
2	Contextualizando o problema.....	7
2.1	Conceituação sobre o contexto do jogo: Breve abordagem sobre Imunogenética	7
3	O mecanismo do jogo	13
4	Pesquisa para compreensão do problema.....	21
5	O jogo digitalizado.....	23
5.1	Escopo do sistema.....	24
5.1.1	Requisitos Funcionais.....	24
5.1.2	Requisitos Não - Funcionais.....	24
5.1.3	Diagrama de casos de uso	25
5.1.4	Casos de uso.....	26
5.1.5	Diagrama de Classes.....	31
5.1.6	Diagrama de Sequência	32
5.2	A tecnologia Java.....	33
5.3	A linguagem Java.....	35
5.4	A API Java	37
5.5	A máquina Virtual.....	37
5.6	O Software Development Kit	38
5.7	Interface	38
5.8	Menus	39
5.9	Dinâmica do jogo	42
5.10	Bibliotecas	45

5.10.1	Biblioteca para reprodução de vídeos.....	45
5.10.2	Biblioteca para plotar gráficos.....	46
5.10.3	Biblioteca de conexão com banco de dados.....	47
6	Comparativo entre as versões.....	49
6.1	Teste de aceitação com os usuários	49
6.2	Vantagens e dificuldades identificadas	51
7	Considerações finais	54
8	Referências bibliográficas	56
9	ANEXO I – Jogo Vida e Morte dos Linfócitos	60

1 Introdução

Os jogos eletrônicos são objetos digitais que fascinam e mobilizam a atenção de crianças e jovens. [...] Os professores podem ressignificar esse objeto e descobrir as suas potencialidades para a aprendizagem, articulando game e prática pedagógica, tornando a sala de aula e o ambiente escolar mais significativo para o aluno, aproximando-o assim da escola, utilizando uma mídia interativa, envolvente e empolgante no aprendizado escolar e desenvolvimento cognitivo dos alunos. (MOURA, 2008)

A educação não acompanha a evolução de outros setores de nossa sociedade, logo é necessário investir em novas formas de aprendizagem para renovar o interesse do aluno. De acordo com POZO (2002) “(...) se o que temos de aprender evolui, e ninguém duvida de que evolui e cada vez mais rapidamente, a forma como tem de se aprender e ensinar também deveria evoluir”.

A criação de novos recursos e estratégias didáticas que auxiliem no processo de aprendizagem, tem se tornado cada vez mais necessária, frente à tecnologia presente no cotidiano dos estudantes. Através do jogo, é possível desenvolver várias características importantes na formação profissional e social do aluno, tais como, superar desafios, errar, experimentar, respeitar regras, descobrir e interagir com outras pessoas. Dessa forma, o conhecimento é construído por meio do estímulo que a experiência do jogo promove (SANTOS, 2002).

Segundo MELO (2005), as atividades lúdicas são essenciais para subsidiar o processo de construção do conhecimento sendo uma valiosa ferramenta de trabalho.

O uso do jogo tem por finalidade, passar de uma experiência subjetiva, para uma de caráter objetivo, tornando o entendimento do conteúdo algo concreto. Essas atividades lúdicas tem papel

importante na relação professor-aprendizagem-aluno porque o jogo permite um momento de afastamento da tradicional abordagem didática, em que o aluno deve ser um sujeito passivo, com aulas expositivas e maçantes, onde os alunos aprendem por obrigação, abordagem essa, chamada de “Cárcere escolar” por SANTOS (2002) que privaria os alunos da espontaneidade e do prazer de aprender.

BOMTEMPO (1986), afirma que a atividade lúdica requer um elemento emocional de prazer, de modo a refutar qualquer tipo de obrigação formal, de modo que aquela seja uma atividade agradável. Por isso é importante afirmar que o caráter lúdico tem papel importante na sedimentação do conteúdo pelo aluno. Tornando este um elemento motivador para o aluno, com forte apelo afetivo uma vez que o afetivo está estritamente ligado a aprendizagem significativa. HUIZINGA (1938, apud FRIEDMANN, 1996) diz que: *“O jogo é uma atividade livre, conscientemente tomada como não-séria e exterior à vida habitual, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total.”*

1.1 Motivação

Buscando atender as expectativas de um modelo que pudesse contribuir para aprendizagem significativa e tendo em vista a grande dificuldade observada nos alunos de graduação dos cursos das ciências biológicas, no que diz respeito ao entendimento de assuntos relacionados à genética como, por exemplo, a geração da diversidade de receptores clonais de linfócitos, a professora Gerlinde Agate Aplais Teixeira criou em 2001 o jogo intitulado “Vida e Morte dos Linfócitos”. Este jogo foi feito usando-se um modelo construtivista para auxiliar a compreensão do conteúdo de imunologia.

No entanto a análise deste jogo, feita em SANTOS (2010), chegou a conclusão de que uma versão eletrônica do jogo proporcionaria uma melhora em sua utilização como ferramenta de auxílio ao aprendizado.

Foi elaborado um questionário semi-estruturado e aplicado a alunos dos cursos de Farmácia e Ciências Biológicas com o intuito de avaliar a motivação e o interesse pela matéria. A turma de Farmácia ficou mais motivada do que a do curso de Ciências Biológicas. Concluímos que a partir das opiniões dos estudantes podemos inferir que existe uma associação entre motivação/interesse dos estudantes e tipo de estratégia usada pelo professor na aceitação do jogo. Propomos, portanto a transformação do jogo em mídia eletrônica de modo a torná-lo mais dinâmico e proporcionar maior interatividade entre aluno-professor-disciplina no cenário universitário. (SANTOS, 2010)

Partindo desta premissa, este projeto busca entregar como produto tecnológico a versão digital do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” e para atingir este objetivo foram utilizados os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense, como nas disciplinas Programação I e II, Estruturas de Dados I e II, Banco de Dados e Engenharia de Software I e II, entre outras.

1.2 Objetivo do trabalho

O jogo “Vida e morte dos linfócitos” foi criado há mais de 10 anos. Recentemente a professora Gerlinde, como já referido, manifestando o interesse em uma versão digital o jogo, contatou a orientadora desta monografia buscando alcançar este objetivo.

Com esse tema em mente, a professora Rosângela buscou alunos que estivessem dispostos a desenvolver esse projeto, cujo objetivo principal é transformar o jogo em papel, jogado em sala de aula, em um jogo computacional, onde os alunos teriam a

possibilidade de jogar em casa e quantas vezes precisassem, sem a necessidade dos aparatos utilizados na versão já existente.

Também é importante citar o objetivo geral deste trabalho que é contribuir para o aprendizado da Imunogenética, conteúdo programático da área de ciências e vida, ciências biológicas e farmácia.

1.3 Coleta de requisitos

Como o assunto de Imunologia não era de conhecimento dos desenvolvedores foram realizadas diversas reuniões, antes e durante todo o processo de desenvolvimento do projeto, com o objetivo de auxiliar no conhecimento base para desenvolver um software de acordo com o tema e para ensinar a dinâmica e objetivo do jogo.

1.4 Justificativa

Como dito anteriormente o jogo foi projetado para auxiliar os alunos no entendimento do conteúdo de Imunogenética. Características inerentes à utilização do jogo em papel indicaram uma exploração mais eficiente, caso se pudesse jogá-lo pelo computador.

SANTOS (2010), conclui que a criação do jogo em mídia eletrônica poderia ser fundamental, permitindo a visualização de um assunto abstrato em modo concreto e interativo. Ao aliar a interatividade e o dinamismo, características de um jogo eletrônico, espera-se que o quadro de motivação e interesse dos alunos possa ser revertido de modo positivo. Ademais, o jogo poderia fornecer ao

docente um *feedback* dos pontos onde é necessária a revisão e a melhoria do assunto ensinado.

Uma das principais justificativas para esse trabalho é o fato de que existem 18 turmas de saúde que utilizam o jogo, sendo assim, o número de material gasto é muito alto, uma vez que é necessária a impressão das fitas que simulam as cadeias de DNA, das regras do jogo e do tabuleiro onde os alunos registram os resultados obtidos, totalizando cinco folhas de papel para cada aluno (duas folhas para as fitas, duas para as regras e uma para o tabuleiro).

A versão eletrônica do jogo, também visa o dinamismo do ensino, aumentando a motivação dos alunos que consideram o jogo, em papel, monótono. Também se espera obter uma maior facilidade no aprendizado dos jogadores, pois eletronicamente, se proporciona uma melhor visualização do ambiente do jogo, ilustrado em vídeos e imagens.

1.5 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo do trabalho introduz o uso dos jogos como ferramenta de auxílio à aprendizagem, abordando a motivação, objetivo e justificativa para o projeto.

O segundo capítulo contém uma breve introdução à Imunologia para um melhor entendimento do problema.

O terceiro capítulo aborda o jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” em papel, demonstrando como é a utilização nesta versão.

O quarto capítulo trata da pesquisa realizada com a professora Gerlinde e o monitor Luís Felipe, cujo objetivo é reforçar a necessidade da criação da versão digital do jogo.

O quinto capítulo aborda o uso da tecnologia para o desenvolvimento do jogo. Inicialmente é apresentado o escopo do sistema, através de seus requisitos e diagramas. A seguir encontram-se as definições, história e seu contexto atual, bem como o desenvolvimento do software e os detalhes do jogo - interface, menus, dinâmica e as bibliotecas utilizadas.

O sexto capítulo mostra um comparativo entre as versões do jogo - em papel e eletrônica – como vantagens e pontos que exigem atenção, a partir do teste de aceitação com os usuários.

Os dois últimos capítulos trazem as considerações finais, a conclusão, projetos futuros e referências bibliográficas.

2 Contextualizando o problema

O desenvolvimento do jogo se dá no encontro de duas áreas do conhecimento, a Ciência da Computação e as Ciências Biológicas.

A seguir apresenta-se uma breve introdução sobre o tema abordado no jogo “Vida e Morte dos Linfócitos”, um conhecimento prévio sobre o tema Imunogenética. Para uma explicação mais detalhada sobre o fenômeno consulte a página <http://www.ufpe.br/biolmol/Aula-Imunogenetica/aula-imuno-02.htm>.

2.1 Conceituação sobre o contexto do jogo: Breve abordagem sobre Imunogenética

Para que o objeto da monografia fosse conhecido buscou-se, através da profa Gerlinde e do monitor Luis Felipe, os principais conceitos acerca do tema, o que resultou na abordagem apresentada a seguir.

A capacidade do sistema imunológico de gerar uma resposta imunológica eficiente, de modo a apresentar uma variedade de antígenos incalculáveis, reside no processo de geração de determinadas estruturas pelas células de defesa. Essas estruturas responsáveis pelo reconhecimento dos antígenos são os anticorpos, quando estes se encontram no plasma, e os receptores de superfície (BCR e TCR), quando estes se encontram na superfície celular.

O número de genes responsáveis pela produção das proteínas no organismo é de aproximadamente 25.000 na espécie humana (Human Genome Project Information). Este valor limitaria bastante o número de anticorpos do organismo e, deste modo,

prejudicaria a resposta imunológica, tornando o organismo propício ao ataque de patógenos. Sabe-se que o número de anticorpos na espécie humana é de aproximadamente 10^{14} , (Market et al 2003) o que seria inviabilizado se estes fossem produzidos apenas pelos genes que possuímos.

Porém, o nosso organismo possui maneiras de lidar com esta limitação. Para tanto, existem mecanismos de geração de diversidade que ocorrem nos linfócitos. Tanto os BCRs quanto as imunoglobulinas são produzidas pelos linfócitos B e cada molécula de anticorpo possui uma característica peculiar que permite que ela se ligue especificamente a um determinado antígeno. De acordo com Mayer (2009), sua estrutura é bastante similar tanto no caso dos anticorpos como para os receptores de superfície, possui cerca de $150kDa^1$, é formada por quatro cadeias polipeptídicas, sendo 2 leves ($25kDa$) e 2 pesadas ($50kDa$). Existem dois tipos de cadeia leve: as *lambda* e as *kappa*. Já as cadeias pesadas são formadas por 5 classes diferentes (M , G , A , E e D) que determinam os isotipos. Possuem ainda as pontes dissulfetos intercadeias responsáveis por manter unidas as cadeias leves e pesadas e as duas cadeias pesadas (figura 1).

Conforme afirma Mayer (2009), a análise molecular das cadeias leve e pesada mostrou peculiaridades que permitiram separar esta em duas, a região variável e a constante. Essa divisão diz respeito à variabilidade de aminoácidos. A cadeia leve possui uma região variável (V_L) com aproximadamente 110 aminoácidos e a região constante dessa cadeia (C_L) possui cerca de 110 aminoácidos. Por outro lado, a cadeia pesada possui uma região variável (V_H) com 110 aminoácidos e uma cadeia pesada C_H com 330-440

¹ Kilodalton, unidade de medida de peso utilizada em moléculas e átomos.
 $1kDa = 1000 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ Kg}$.

aminoácidos. As imagens de Raio-X das imunoglobulinas mostram a presença de regiões globulares, os domínios. Na cadeia leve são V_L e C_L e na cadeia pesada são V_H , C_{H1} - C_{H4} (figura 1).

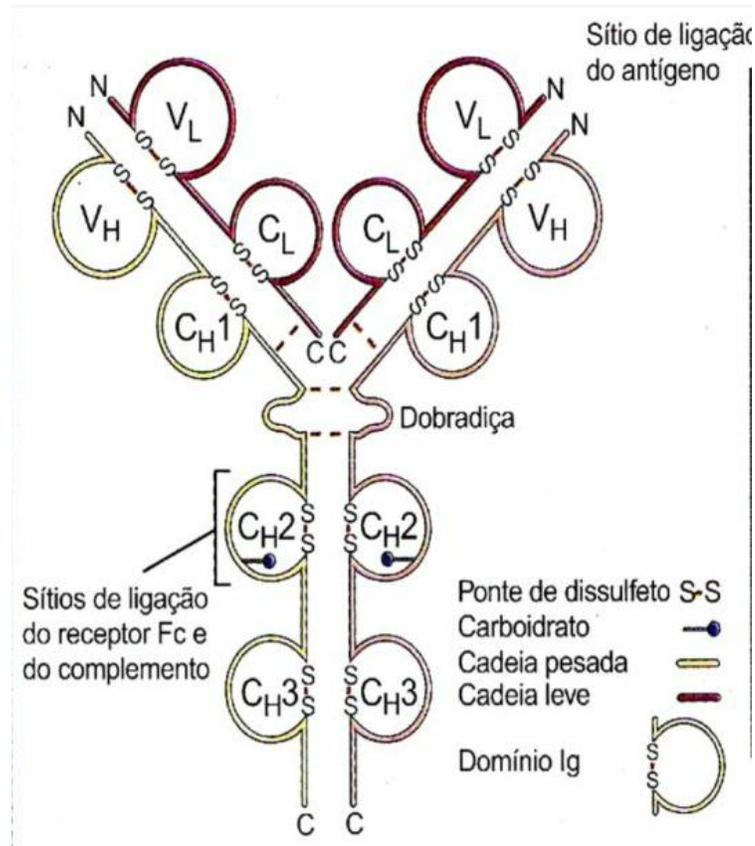


Figura 1 – Cadeias Leve e Pesada

Fonte: (Abbas et al, 2003)

A molécula de anticorpo é bifuncional, ou seja, a porção constante é responsável pelas propriedades biológicas da imunoglobulina, é esta porção que determinará as características efetoras da imunoglobulina; já a porção variável é a responsável pelo reconhecimento do antígeno é essa a região responsável pelo reconhecimento e ligação da imunoglobulina ao antígeno (Abbas et al, 2003).

O organismo humano se encarregou de gerar uma alternativa para o limitado número de genes necessário para a produção das

imunoglobulinas e dos anticorpos. Para estabelecer um elevado nível de diversidade presente nesses receptores de superfície e nos anticorpos, os genes são criados a partir de segmentos gênicos.

Essas diferentes combinações de finitos segmentos gênicos dá aos receptores a capacidade de reconhecer um número ilimitado de invasores. Esse processo de rearranjo gênico que leva a formação da cadeia pesada de uma molécula de anticorpo é chamado recombinação V(D)J. Essas siglas representam os conjuntos dos segmentos gênicos capazes de se unir, sendo por tanto, de 3 naturezas, a saber os segmentos V (variável) com cerca de 65 segmentos desse bloco, os segmentos D (diversidade) com cerca de 27 segmentos pertencentes de bloco, e por ultimo o segmento J(junção) com aproximadamente 6 segmentos, esses valores são referentes a diversidade encontrada nas imunoglobulinas (Market et al, 2003) (figura 2).

Table 1. Diversification of BCRs and TCRs

Element	Immunoglobulin		$\alpha\beta$ Receptor	
	H	$\kappa + \lambda$	β	α
V segmats	65	70	52	70
D segments	27	—	2	—
J segments	6	$5\kappa + 4\lambda$	13	61
Number of V region combinations	3.4×10^6	3.4×10^6	5.8×10^6	5.8×10^6
Junctional diversity	3×10^7	3×10^7	2×10^{11}	2×10^{11}
Total diversity	10^{14}	10^{14}	10^{18}	10^{18}

Number of V, D, and J segments contributes to combinatorial diversity. Further changes are introduced by junctional diversity, to give the total number of BCR and TCR repertoires. DOI:10.1371/journal.pbio.0000016.t001

Figura 2 – Diversidade nas imunoglobulinas

Fonte: (Market et al, 2003)

Na cadeia leve, o domínio V é codificado por dois segmentos gênicos: os variáveis (V_L) e os de junção (J_L), ao contrário, a cadeia pesada apresenta os 3 segmentos gênicos: variável (V_H), junção (J_H) e diversidade (D_H). Os eventos de recombinação resultam na remoção de íntrons das cadeias V_L e J_L e entre as cadeias V_H , D_H e J_H , por enzimas específicas denominadas Rag-1 e Rag-2. Primeiro ocorre o rearranjo gênico da cadeia pesada, o segmento D é levado para próximo do segmento J onde ocorre a recombinação destes, posteriormente esses segmentos se recombinam com o segmento V. Logo em seguida ocorre a recombinação dos segmentos da cadeia leve V e J (Janeway, 2004).

Na junção entre os segmentos D e J, há frequentemente a inserção de uma série de nucleotídeos, de modo aleatório, este processo é catalisado pela enzima *deoxinucleotidil transferase terminal* (TdT), o que por sua vez, gera uma diversidade ainda maior as imunoglobulinas (Janeway, 2004).

Caso estes ocorram de maneira adequada, é processada a região constante (C_{μ} e C_{δ}) da cadeia da imunoglobulina, isso é feito por alguns éxons um para cada domínio da região constante, esse processamento pode ocorrer de duas maneiras uma para levar os segmentos V(D)J até o gene C_{μ} ou então para levá-lo ao gene C_{δ} (Janeway, 2004), finalizando o processo de formação das cadeias de imunoglobulina (figura 3).

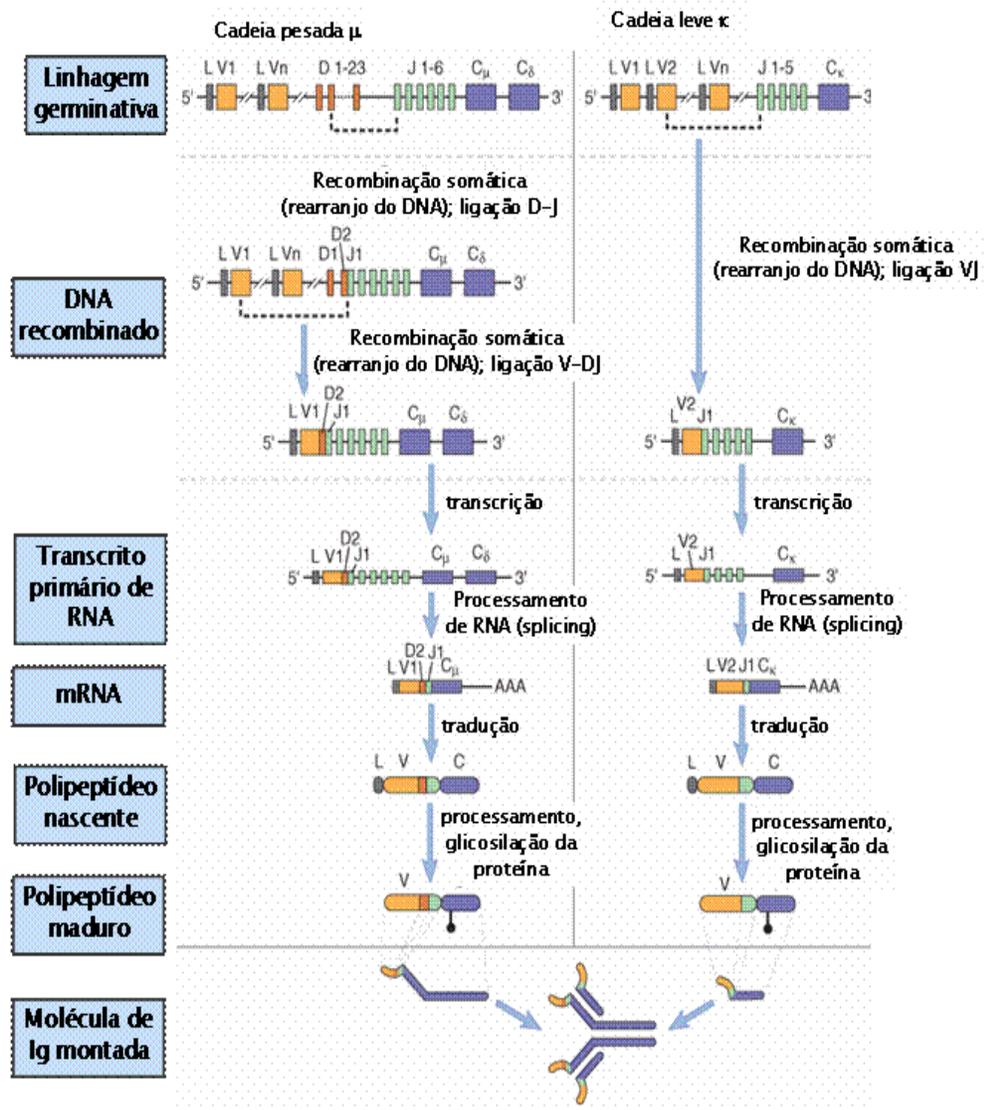


Figura 3 – Diversidade de anticorpos

Fonte: Adaptado de <http://www.ufpe.br/biolmol/Aula-Imunogenetica/aula-imuno-04.htm>, 2005

3 O mecanismo do jogo

Antes de tratar do desenvolvimento do jogo na forma digital, é necessário descrever algumas características da versão em papel do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos”, como o seu objetivo e o seu mecanismo. A seguir é apresentada uma síntese do mecanismo do jogo, para mais detalhes acerca do mesmo está disponível o jogo em papel como anexo desta monografia.

O jogo busca demonstrar os passos que ocorrem durante a ontogenia dos linfócitos. Seu objetivo não é aprofundar-se em detalhes, mas sim possibilitar aos alunos uma compreensão do processo da ontogenia dos linfócitos de um modo mais didático. Cada participante do jogo é um linfócito em desenvolvimento e, para sobreviver, a condição imprescindível é ter um receptor clonal na membrana plasmática. O texto deste parágrafo e o do próximo são baseados no algoritmo que orienta o jogo em papel representado na figura 4.

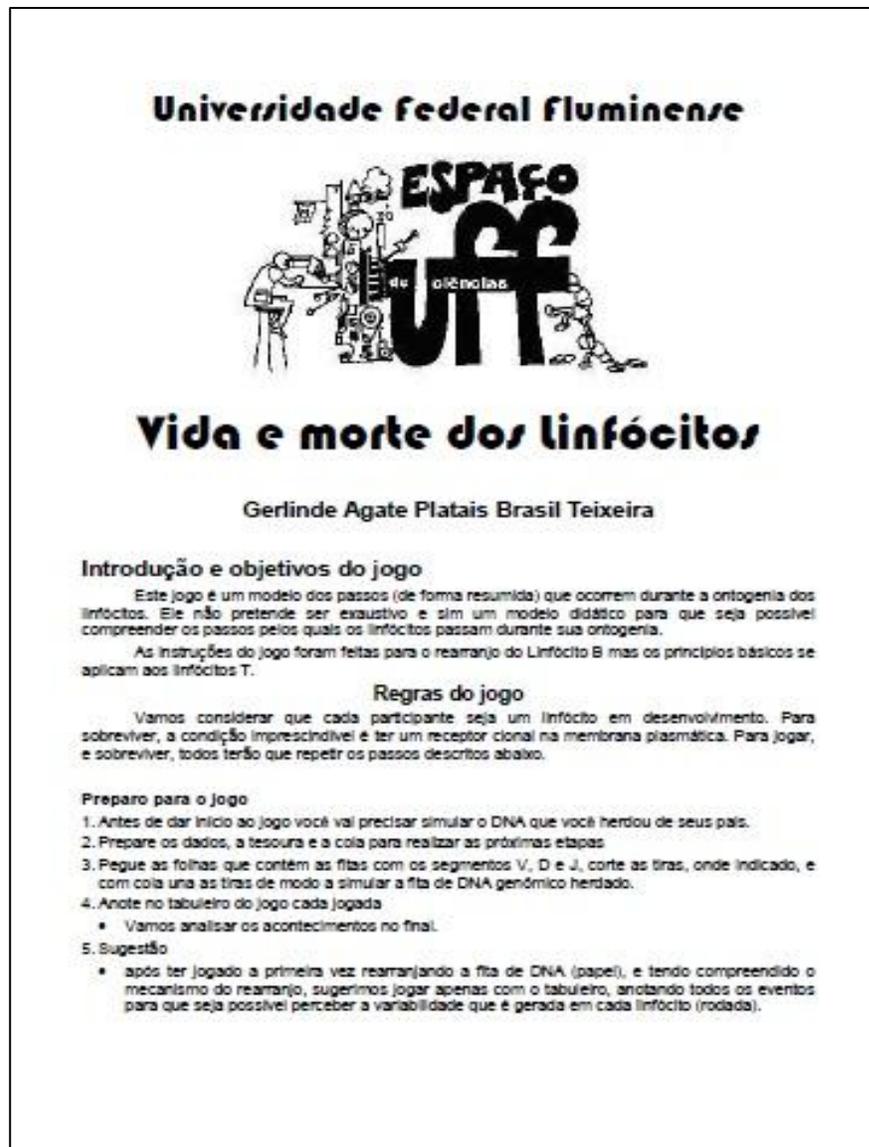


Figura 4 – Capa do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos”

Fonte: Adaptado de Jogo Vida e Morte dos Linfócitos, 2012

O jogo inicia-se com a simulação do DNA que o jogador herdou de seus pais. No decorrer do jogo ocorrem diversos eventos que culminam na sobrevivência ou morte do linfócito em questão. A seguir, vamos apresentar um resumo do roteiro do jogo, abordando os principais eventos e suas consequências.

Primeiramente, devem-se juntar todas as fitas de DNA (figura 5) e colar cada uma das extremidades para simular a fita do DNA herdado dos pais, como mostra a figura 6.

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	Cole aqui o próximo segmento
V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V48	V49	V50	Cole aqui o próximo segmento
V51	V52	V53	V54	V55	V56	V57	V58	V59	V60	V61	V62	V63	V64	V65	V66	V67	V68	V69	V70	V71	V72	V73	V74	V75	Cole aqui o próximo segmento
V76	V77	V78	V79	V80	V81	V82	V83	V84	V85	V86	V87	V88	V89	V90	V91	V92	V93	V94	V95	V96	V97	V98	V99	V100	Cole aqui o próximo segmento
V101	V102	V103	V104	V105	V106	V107	V108	V109	V110	V111	V112	V113	V114	V115	V116	V117	V118	V119	V120	V121	V122	V123	V124	V125	Cole aqui o próximo segmento
V126	V127	V128	V129	V130	V131	V132	V133	V134	V135	V136	V137	V138	V139	V140	V141	V142	V143	V144	V145	V146	V147	V148	V149	V150	Cole aqui o próximo segmento
V151	V152	V153	V154	V155	V156	V157	V158	V159	V160	V161	V162	V163	V164	V165	V166	V167	V168	V169	V170	V171	V172	V173	V174	V175	Cole aqui o próximo segmento
V176	V177	V178	V179	V180	V181	V182	V183	V184	V185	V186	V187	V188	V189	V190	V191	V192	V193	V194	V195	V196	V197	V198	V199	V200	Cole aqui o próximo segmento
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10			Cole aqui o próximo segmento
CH _μ 1	CH _μ 2	CH _μ 2	CH _μ 2	CH _μ 2	CH _ε 1	CH _ε 2	CH _ε 3	CH _ε 4		CH _γ 1	CH _γ 2	CH _γ 3	CH _γ 4												Cole aqui o próximo segmento
CH _ε 1	CH _ε 2	CH _ε 3	CH _ε 4		CH _α 1	CH _α 2	CH _α 4	CH _α 4																	

Figura 5 – Fitas de DNA após serem recortadas do papel
 Fonte: Adaptado de Jogo Vida e Morte dos Linfócitos, 2012

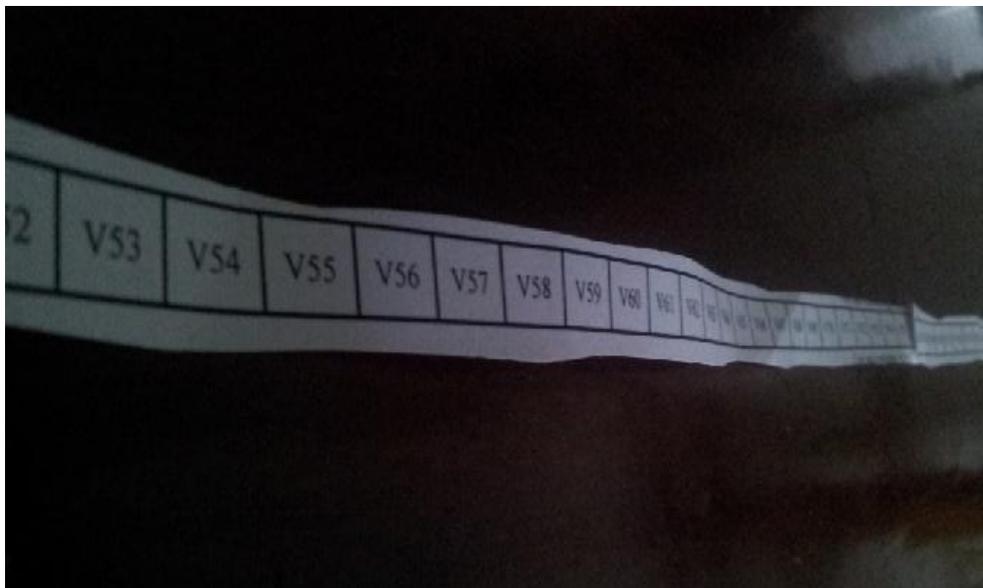


Figura 6 – Fita de DNA recortada e colada pelas extremidades
 Fonte: Elaboração própria

Na folha de regras, distribuída entre os alunos, existem os passos a serem seguidos durante o jogo. A cada passo, as instruções buscam simular a aleatoriedade de um evento genético. Com este objetivo são utilizados dados variados cuja face depende do evento, podendo ser um dado de face 20 (figura 7), 12, 10 ou 6.



Figura 7 – Dado de 20 faces

Fonte: Adaptado de <http://papodehomem.com.br/inferno-astral-existe/>

Seguindo as instruções da folha de regras, o evento inicial é a escolha do primeiro alelo a ser rearranjado, materno ou paterno, que é simulada através do lançamento de um dado qualquer. Em sequência devemos descobrir o segmento J da fita de DNA através do lançamento do dado de face 10. O mesmo mecanismo se repete na escolha do segmento D, só diferindo o dado utilizado, que neste caso é o de face 12. Desta forma o aluno simula a aleatoriedade da combinação DJ.

Após concluir esta combinação deve-se pegar a fita de DNA, já colada, e fazer uma alça de modo a juntar os respectivos

segmentos gênicos obtidos aleatoriamente pelo resultado dos dados. A figura 8 ilustra um exemplo da fita unida pelos segmentos D5 e J3.

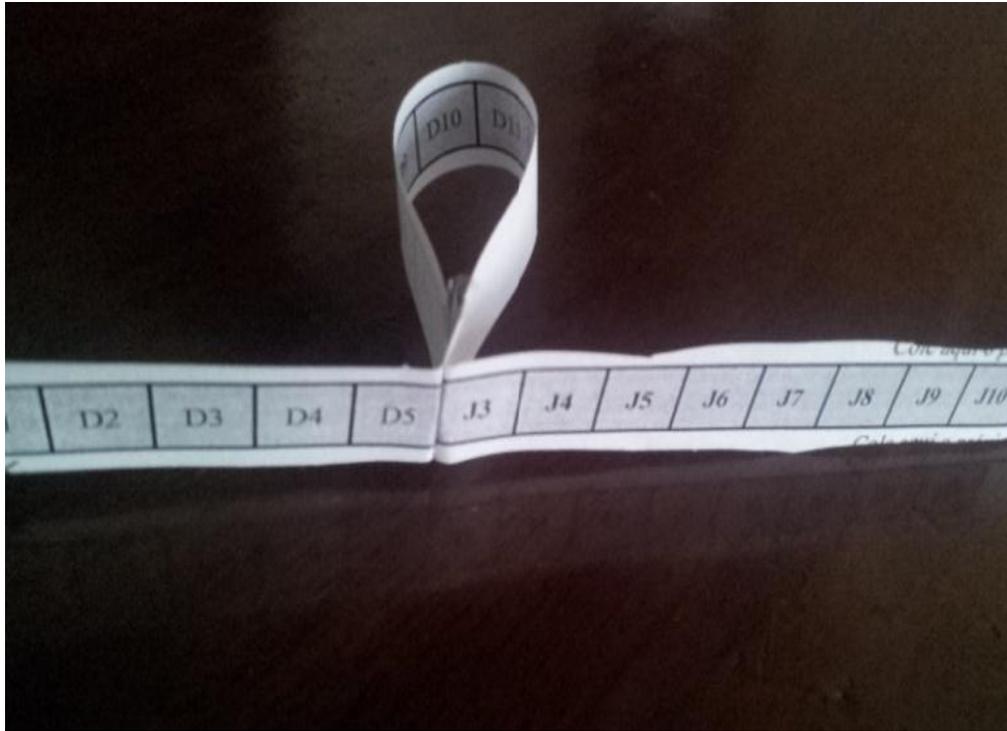


Figura 8 – Fita de DNA após ser colada para mostrar a junção dos segmentos D e J

Fonte: Elaboração própria

O próximo passo é descobrir o segmento V, que será combinado com o segmento DJ já produzido. Para isso também se vale do recurso do lançamento de dados. O segmento obtido é unido ao segmento DJ obtido anteriormente. Na figura 9, tem-se um exemplo com o valor de V igual a 63.

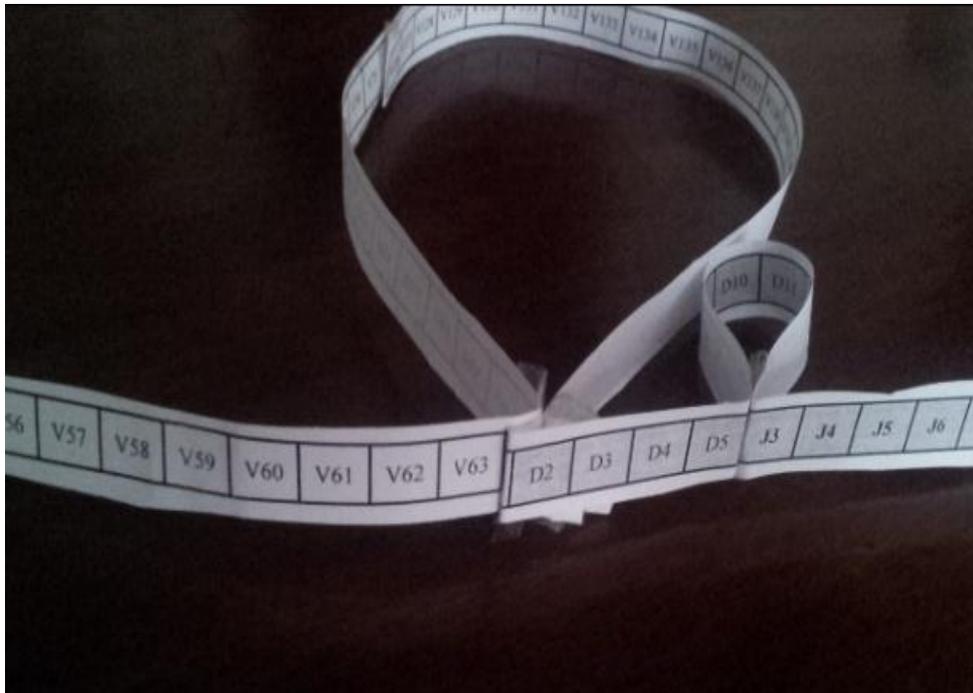


Figura 9 – Fita de DNA após ser colada para mostrar a junção dos segmentos V, D e J

Fonte: Elaboração própria

As alças formadas pelos intervalos dos segmentos unidos devem ser cortadas. Após isso se verifica se os arranjos realizados até este momento foram funcionais com um lançamento de dado. Se o resultado obtido for ímpar, as enzimas unem os segmentos adequadamente, caso contrário, será necessário inserir nucleotídeos em uma das junções. Este evento também utiliza dados para simular sua aleatoriedade, tanto na quantidade como na escolha das enzimas.

Consecutivamente, o segmento VDJ, já rearranjado, é unido no segmento da cadeia constante, e então, é verificado se as enzimas realizaram o reparo adequadamente através do lançamento de dados. Em caso de erro na recombinação, o aluno terá de repetir os passos dessa vez com o outro alelo da cadeia pesada.

Realiza-se mais uma verificação com os dados para descobrir se o gene funcional é adequado ao organismo. Caso não seja, e o aluno já estiver usando o segundo alelo da cadeia pesada, o linfócito morre. Caso contrário, deve-se rearranjar a cadeia leve, que ocorre com o mesmo mecanismo.

No rearranjo da cadeia leve os eventos são consecutivamente, escolha do gene do primeiro alelo, o segmento V e J e sua combinação. O segmento VJ resultante é unido à região constante da cadeia leve.

Após a ocorrência destes eventos, é verificado se a recombinação foi feita com sucesso, em caso negativo existem duas possibilidades, caso já se tenha utilizado os dois alelos da cadeia leve o linfócito morre, se não, começa de novo com o outro alelo da cadeia leve. Entretanto, caso a recombinação seja feita com sucesso é necessária uma última verificação, também aleatória, que determina se o receptor é adequado ao organismo.

Ao longo do jogo, após cada instrução feita, o aluno deve anotar os resultados obtidos na folha “tabuleiro” (figura 10), para assim, ao fim do mesmo, analisar os resultados e responder às perguntas baseadas na teoria ensinada em sala de aula e que estão contidas no fim da folha de regras.



Tabuleiro para o jogo

Instruções para uso

1. Escolha qual o primeiro alelo a ser utilizado e indique no campo **ALELO** o escolhido
2. Anote nos respectivos campos (V, D, J - V, J) o segmento gênico selecionado
3. Se você Linfócito teve que utilizar sua enzima TaT anote em qual junção houve reparo e quais os ácidos nucleicos que foram inseridos
4. No campo **RESULTADO FINAL** você deverá anotar se você sobreviveu ou não e qual a sua especificidade
5. Juntando os resultados da turma faça uma estatística
 - Quantas vezes houve sobrevivência ou morte
 - Entre os sobreviventes quantos utilizaram os mesmos segmentos gênicos
 - Entre os que utilizaram os mesmos segmentos gênicos quantos inseriram o mesmo número e os mesmos ácidos nucleicos na região de reparo através da TaT?
6. Plote estes resultados num gráfico e compare os com as informações que você tem a respeito da ontogenia dos linfócitos
7. Este é um bom modelo?

Linfócito	Alelo	V	D	TaT	J	Alelo	V	J	Resultado final
1	M					M			
	P					P			
2	M					M			
	P					P			
3	M					M			
	P					P			
4	M					M			
	P					P			
5	M					M			
	P					P			
6	M					M			
	P					P			
7	M					M			
	P					P			
8	M					M			
	P					P			
9	M					M			
	P					P			
10	M					M			
	P					P			
11	M					M			
	P					P			
12	M					M			
	P					P			
13	M					M			
	P					P			
14	M					M			
	P					P			
15	M					M			
	P					P			
16	M					M			
	P					P			
17	M					M			
	P					P			
18	M					M			
	P					P			
19	M					M			
	P					P			

Figura 10 – Tabuleiro onde os alunos anotam os resultados das jogadas

Fonte: Adaptado de *Jogo Vida e Morte dos Linfócitos*, 2012

4 Pesquisa para compreensão do problema

Com a finalidade de reforçar a real necessidade da criação da versão digital do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” foi realizada uma entrevista com a professora Gerlinde e seu monitor Luís Felipe. A seguir apresentamos as três questões feitas e as respostas obtidas.

Indique os benefícios que a digitalização do jogo trará em relação ao (a):

- a) Auxílio ao aprendizado.*
- b) Identificação de "pontos fracos" nos alunos.*
- c) Melhor uso da ferramenta na versão digital.*

As respostas convergiram para a mesma linha de raciocínio, reforçando o fato da utilização da tecnologia já inserida no cotidiano dos alunos. O primeiro conjunto de respostas, relativos a profa Gerlinde é apresentado a seguir:

a) Auxílio ao aprendizado: O jogo inicialmente foi desenhado para que os alunos tivessem a possibilidade de compreender os mecanismos envolvidos no rearranjo do DNA [...]. A dinâmica proposta permite ao estudante romper com alguns conceitos, relativos à herança gênica, aprendidos ao longo de sua escolaridade.

· A digitalização amplia a possibilidade de compreensão da diversidade e da necessidade de produção de muito mais células do que efetivamente chega a idade adulta uma vez que cada rodada é completada muito mais rapidamente permitindo múltiplas jogadas em um tempo de aula.

b) Identificação de "pontos fracos" nos alunos: A utilização de um conjunto de perguntas e respostas permite que o aluno identifique os nós críticos no seu aprendizado auxiliando na busca das respostas mais adequadas e assim facilitando sua compreensão dos fenômenos envolvidos na geração da diversidade dos receptores específicos das células do sistema imunitário

c) Melhor uso da ferramenta em questão: Como sugestão a melhor forma de utilizar o jogo é através de uma estratégia mista, ou seja;
i. inicia-se com um levantamento das concepções envolvendo conceitos de herança e diversidade biológica

- ii. segue-se com jogo na forma concreta para que a visualização dos mecanismos de rearranjo do DNA possam ocorrer,
- iii. trabalha-se com a forma digitalizada para que a possibilidade da diversidade seja percebida
- iv. e por fim realiza-se novo levantamento de concepções para verificar se a mudança conceitual desejada ocorreu.

· A disponibilização do jogo em um meio eletrônico para que os alunos tenham acesso é importante uma vez que permite que o utilize o numero de vezes que achar necessário, pelo prazer do lúdico e / ou pela necessidade de compreensão do fenômeno.

A seguir são apresentadas as respostas relativas ao monitor

Luís Felipe :

a) Auxílio ao aprendizado: A tecnologia está inserida no cotidiano de grande parte, senão de todos os alunos de graduação, a digitalização do jogo permite que o aluno transponha o conteúdo aprendido em sala de aula, de maneira tradicional, para uma mídia que faz parte do dia-a-dia dos alunos, o ensino precisa acompanhar o desenvolvimento tecnológico para que não se torne obsoleto. Ademais, o uso deste tipo de tecnologia permite que o aluno aprenda de modo mais dinâmico, concreto e interativo permitindo que os alunos se envolvam mais com a construção do conhecimento, tornando este significativo.

b) Identificação de "pontos fracos" nos alunos: O uso de questionário ao final do jogo juntamente com as estatísticas levantadas referentes as respostas dadas pelos alunos, possibilita ao professor identificar os pontos onde ocorrem a maior parte dos erros conceituais e assim, o discente pode estabelecer uma diretriz para o ensino da matéria (imunogenética).

c) Melhor uso da ferramenta em questão: Nesse quesito eu entendo que o melhor uso da ferramenta estaria associado aos fatores dos itens A e B, além da otimização temporal, uma vez que o professor pode reformular a maneira como o conteúdo é ensinado e sendo mais fácil a assimilação do conteúdo , o que se espera é a redução do tempo demandado para o ensino desse conteúdo. Outra otimização observada é a dos recursos materiais utilizados, tais como: reduzir a quantidade de material utilizado durante as aulas, uma vez que era necessário uso de fitas em papel, dados, clips, tabuleiro e questionário que apesar de facilitar a aprendizagem, ainda assim era algo abstrato que muito dos alunos não conseguiam estabelecer conexão com a teoria.

5 O jogo digitalizado

Para o desenvolvimento da versão digital do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” foi utilizada a linguagem de programação orientada a objeto Java, escolhida devido a sua portabilidade o que torna o jogo executável em qualquer dispositivo computacional que possua um *Java Runtime Environment* instalado.

O sistema de gerenciamento de banco de dados escolhido foi o Oracle Express Edition, pois os desenvolvedores possuem um conhecimento prévio desta ferramenta, inclusive acadêmico, facilitando assim sua utilização. Além deste fato também é importante ressaltar que esta versão é de natureza *OpenSource*², o que permite sua utilização sem a necessidade de qualquer pagamento em qualquer espécie.

Foi utilizado ainda o Subversion, sistema de controle de versão para facilitar o trabalho dos desenvolvedores, muitas vezes concorrentes. Como repositório do projeto foi escolhido o GoogleCode, onde está disponível todo o histórico de desenvolvimento, a documentação e o código fonte do aplicativo.

O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o Eclipse, devido a maior quantidade de *plugins*³ disponíveis e a familiaridade dos desenvolvedores com sua interface.

Os próximos itens irão abordar o escopo do sistema desenvolvido, um pouco da história da linguagem Java e depois apresentar o produto final.

² Software de utilização livre

³ Programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores

5.1 Escopo do sistema

Antes de iniciar a codificação foi necessário realizar uma análise de requisitos do sistema. Esta inclui os requisitos funcionais e não funcionais, um diagrama de casos de uso e um modelo de diagramas de classes para o jogo, modelo este que foi atualizado a cada novo requisito implantado refletindo assim na totalidade o mecanismo do mesmo.

Para auxiliar na elaboração dos diagramas foi utilizado o aplicativo astah community, de distribuição livre.

5.1.1 Requisitos Funcionais

- O sistema deve utilizar o mesmo mecanismo do jogo original
- O sistema deve exibir vídeos
- O sistema deve guardar os resultados dos jogos para consultas posteriores de alunos e professores
- O sistema deve construir questionários
- O sistema deve guardar a quantidade de acertos e erros para cada questão utilizada nos questionários
- O sistema deve construir gráficos com os resultados

5.1.2 Requisitos Não - Funcionais

- Facilidade de uso: o usuário deve conseguir utilizar o aplicativo intuitivamente, sem apresentar dificuldades.

- Implantação: o sistema deve possuir um manual claro, para que qualquer usuário leigo possa instalar o aplicativo em seu computador.
- Portabilidade: o aplicativo deve ser multiplataforma
- Interoperabilidade: o aplicativo deve se comunicar com o banco de dados Oracle.
- Confiabilidade: o aplicativo deve estar disponível para uso ao longo do período letivo.

5.1.3 Diagrama de casos de uso

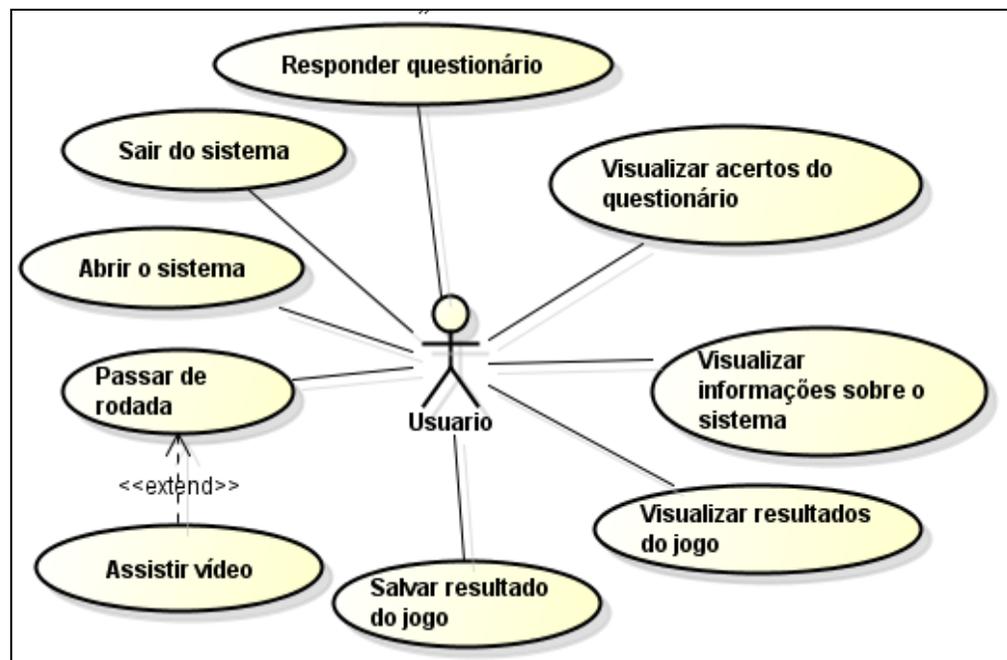


Figura 11 – Diagrama de casos de uso do jogo

Fonte: Elaboração Própria

5.1.4 Casos de uso

- **UC1: O usuário abre o aplicativo**

Cenário típico:

1. Usuário abre o aplicativo
2. Tela inicial do aplicativo é exibida

- **UC2: O usuário fecha o aplicativo**

Cenário típico:

1. Usuário clica no menu “Arquivo”
2. Usuário clica na opção “Fechar”
3. Aplicativo encerra seu processamento

- **UC3: O usuário visualiza as informações sobre o sistema**

Cenário típico:

1. Usuário clica no menu “Ajuda”
2. Usuário clica na opção “Sobre”
3. Aplicativo exibe tela com informações sobre o mesmo

- **UC4: O usuário passa de rodada**

Cenário típico:

1. Aplicativo exibe o enunciado, a imagem da rodada e o botão “Lançar dado”
2. Usuário clica no botão “Lançar dado”
3. Aplicativo exibe a animação do lançamento do dado
4. Aplicativo exibe tela com o resultado obtido
5. Aplicativo exibe mensagem do evento ocorrido e o botão “Próxima rodada” (Extend – Assistir Vídeo)
6. Usuário clica no botão “Próxima rodada”

Cenário alternativo:

1. Aplicativo exibe o enunciado, a imagem da rodada e o botão “Lançar dado”
2. Usuário clica no checkbox “Desabilitar animação do dado”
3. Usuário clica no botão “Lançar dado”
4. Aplicativo exibe tela com o resultado obtido
5. Aplicativo exibe mensagem do evento ocorrido e o botão “Próxima rodada”
6. Usuário clica no botão “Próxima rodada”

- **UC5: O usuário assiste vídeo**

Cenário típico:

1. Aplicativo exibe botão “Assistir Vídeo”
2. Usuário clica no botão “Assistir Vídeo”
3. Aplicativo exibe janela com vídeo correspondente
4. Usuário fecha a janela

- **UC6: O usuário salva seu resultado do jogo**

Cenário típico:

1. Aplicativo exibe janela “Inserir resultado”, ao fim do jogo, solicitando a matrícula do usuário
2. Usuário digita sua matrícula e clica no botão “Ok”
3. Aplicativo exibe janela informando que o resultado do jogo foi incluído com sucesso

- **UC7: O usuário responde o questionário**

Cenário típico:

1. Aplicativo exibe janela perguntando se o usuário deseja responder ao questionário
2. Usuário clica no botão “Sim”
3. Aplicativo exibe janela com o questionário

4. Usuário seleciona suas respostas e clica no botão “Verificar Resultado”
5. Aplicativo exibe janela com a quantidade de questões respondidas corretamente

Cenário alternativo:

1. Usuário seleciona o menu “Questionário”
2. Usuário clica na opção criar novo questionário
3. Aplicativo exibe janela com o questionário
4. Usuário seleciona suas respostas e clica no botão “Verificar Resultado”
5. Aplicativo exibe janela com a quantidade de questões respondidas corretamente

- **UC8: O usuário visualiza resultados do jogo**

Cenário típico:

1. Usuário seleciona menu “Consultar”
2. Usuário clica na opção “Resultados do aluno”
3. Aplicativo exibe janela solicitando a matrícula do aluno
4. Usuário digita sua matrícula e clica no botão “Ok”
5. Aplicativo exibe janela com os resultados dos jogos realizados pelo respectivo aluno e o gráfico comparando os linfócitos que viveram com os que morreram

Cenário alternativo:

1. Usuário seleciona menu “Consultar”
2. Usuário clica na opção “Resultados da turma”
3. Aplicativo exibe janela solicitando a matrícula do aluno inscrito na turma desejada
4. Usuário digita a matrícula e clica no botão “Ok”
5. Aplicativo exibe janela com os resultados dos jogos realizados pela turma onde esta matricula está registrada e o gráfico comparando os linfócitos que viveram com os que morreram

• **UC9: O usuário visualiza os acertos do questionário**

Cenário típico:

1. Usuário seleciona menu “Questionário”
2. Usuário clica na opção “Resultados do Questionário”
3. Aplicativo exibe janela solicitando a senha de acesso
4. Usuário digita a senha e clica no botão “Ok”
5. Aplicativo exibe a janela com a quantidade de acertos e a utilização total de cada pergunta registrada no banco de dados

5.1.5 Diagrama de Classes

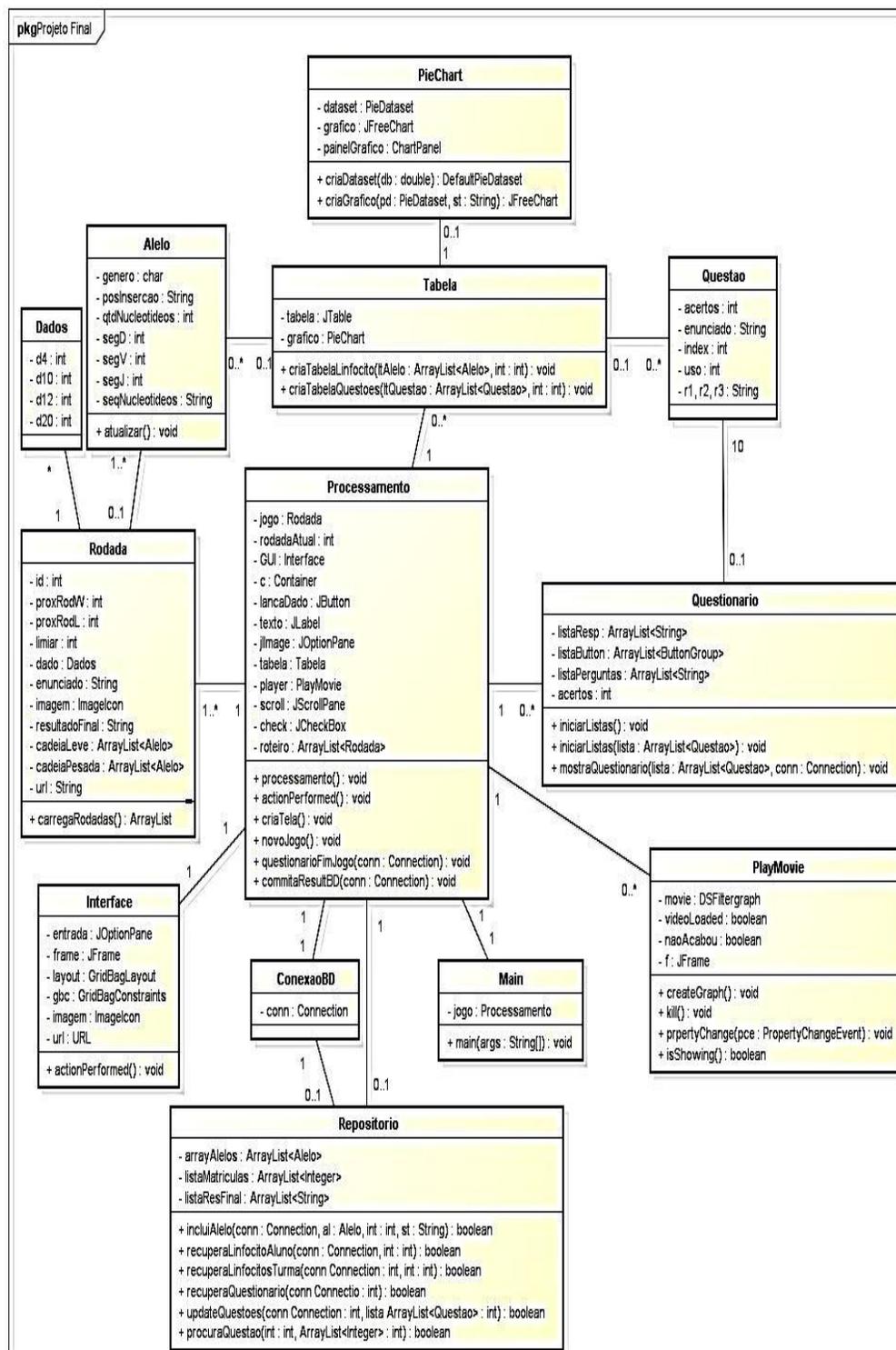


Figura 12 – Diagrama de Classes do jogo

Fonte: Elaboração Própria

5.1.6 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência apresentado a seguir (figura 13) retrata o caso de uso principal do sistema - “Abrir aplicativo” - pois neste é gerada toda a interface gráfica do jogo.

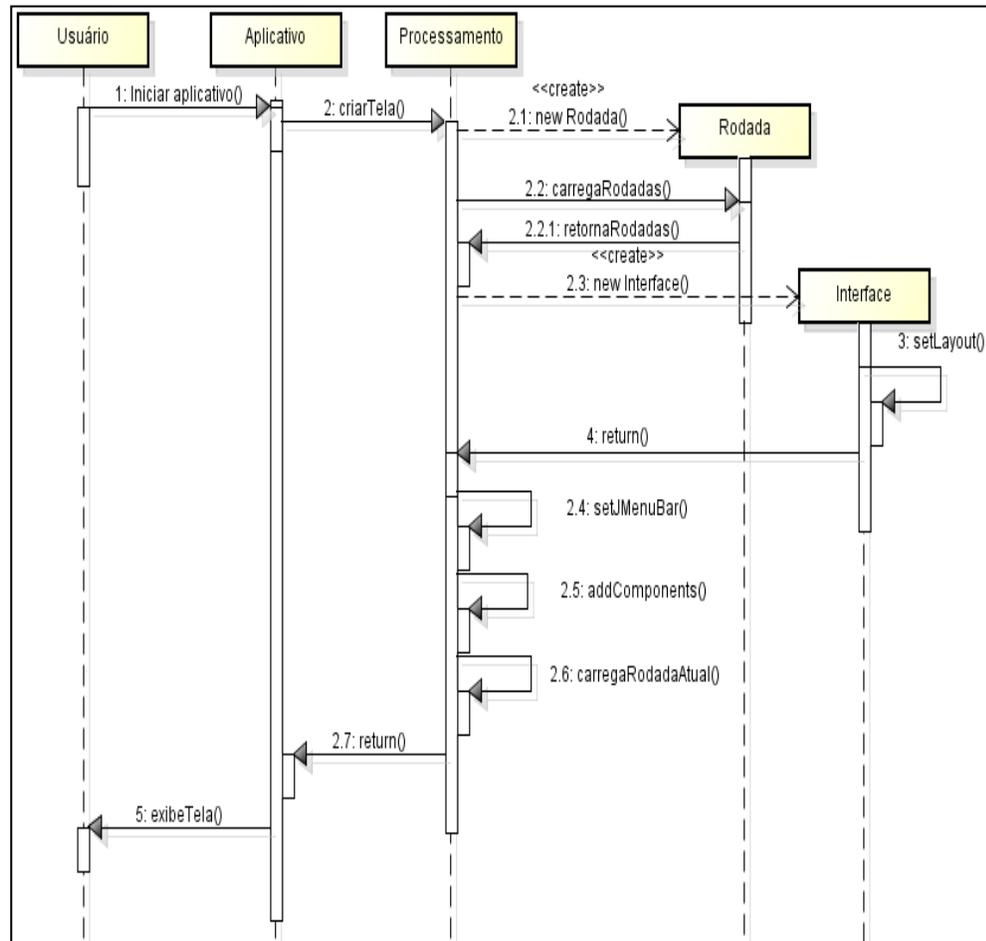


Figura 13 – Diagrama de sequência

Fonte: Elaboração Própria

5.2 A tecnologia Java

No início dos anos 90, um pequeno grupo de engenheiros da empresa Sun Microsystems, liderados por James Gosling, iniciaram uma pesquisa corporativa interna de codinome Green e assim começou o desenvolvimento de uma linguagem orientada a objetos para a criação de programas para o controle de dispositivos portáteis e eletrodomésticos, chamada inicialmente de Oak, que significa “Carvalho”, uma árvore que se via da janela de James Gosling. Contudo, ao visitar uma cafeteria local, o nome Java, ilha de origem de um café importado, foi sugerido e teve grande aceitação, substituindo assim o nome original. Com esta nova linguagem, seria possível desenvolver novas funcionalidades para diversos aparelhos, tais como micro-ondas, geladeiras, entre outros. (DEITEL, 2002)

No verão de 1992, após 18 meses de um árduo trabalho, eles apresentaram um protótipo chamado de *7 (lê-se “Star Seven”), desenvolvido com a linguagem Oak, que era um controle remoto touchscreen com uma interface gráfica. Para ajudar o usuário a utilizar o equipamento e suas funções, foi criado um mascote chamado “Duke”, que, assim como o “Clips” no Microsoft Office Word, é um guia virtual para auxiliar no conhecimento do aplicativo. Hoje em dia, o Duke (figura 14) é conhecido mundialmente como a mascote do Java (WIKIPEDIA, 2012).

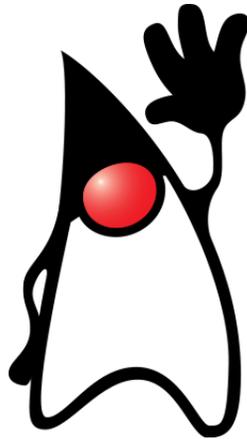


Figura 14 – Duke, o mascote Java

Fonte: Adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Duke.wave.shadow.gif>, 2012

Esse equipamento, foi inicialmente voltado para o setor de televisão a cabo digital, eles chegaram a criar uma demonstração, chamada de MovieWood, que controlava televisão com o equipamento, mas infelizmente essa ideia de permitir que o telespectador interaja com o vídeo, não foi bem vista na época, talvez por ser um conceito muito avançado para aquele tempo.

A proposta da Sun também era de criar um sistema operacional que gerenciasse todos esses dispositivos e equipamentos domésticos. Com essa ideia, eles queriam automatizar uma casa, fazendo com que os eletrodomésticos fossem controlados por um computador. Para isso, o sistema deveria conseguir rodar em diversas plataformas diferentes, assim começou a Máquina Virtual Java.

Em 1994, a internet já estava se popularizando cada vez mais, assim, a empresa optou por focar a linguagem para o desenvolvimento de aplicações na Web. A equipe de James Gosling teve que adaptar a Oak para a internet, e em Janeiro de 1995, lançou uma nova versão batizada de Java. Em meados desse ano, a

empresa anunciou que o navegador Netscape Navigator iria incorporar essa tecnologia, dando início à linguagem Java (WIKIPEDIA, 2012).

Apesar de ter se popularizado pelo seu uso na internet, hoje em dia, o ambiente de execução de Java é encontrado em diversos lugares, indo de celulares a simuladores de mercado da Wall Street, mainframes, laptops, palmtops e outros gadgets, navegadores e etc. A tecnologia Java está em todo lugar.

5.3 A linguagem Java

Grandes empresas, como a IBM, estão abraçando a Java para muito mais do que a maioria das pessoas pode observar. Metade da IBM está recodificando bilhões de linhas de código de software para Java. A outra metade, está trabalhando para fazer com que Java funcione bem em todas as plataformas atuais e otimamente em todas as plataformas futuras. (CRINGELY, 2005, p. 3).

Java é uma linguagem de programação orientada a *objetos*⁴, segura e independente de plataforma, projetada para ser mais fácil de aprender do que C++ e com um ambiente mais controlado do que C e C++. Esta tem como principais características (WIKIPEDIA, 2012):

- **Portabilidade:** Os programas escritos em Java devem executar de forma semelhante em qualquer plataforma. Isto se consegue porque antes de executado, o código é compilado e, diferentemente das outras linguagens, não é gerado um código para linguagem de máquina de um determinado ambiente operacional comum, mas sim, é gerado um bytecode que é interpretado pela máquina virtual

⁴ São instâncias de uma classe.

Java. Podendo assim, ser executado em qualquer plataforma que tenha instalada essa máquina virtual. O compilador Java gera bytecodes para JVM, que funciona em mixed mode.

- **Coletor de lixo:** Quando um programa utiliza muita memória a ponto de fazer o sistema operacional ter que utilizar a memória virtual temos uma redução no desempenho da aplicação. Isto ocorre com frequência, pois muitos desenvolvedores acabam não desalocando a memória corretamente. Em Java, quando é reservado na memória um espaço para a aplicação, o desenvolvedor não precisa liberar esse espaço caso não vá utiliza-lo novamente. Para isso, existe um recurso chamado Garbage Collector, que funciona contando quantas referências tem para cada objeto, e de tempos em tempos ou quando o programador solicita, executa uma thread que limpa os objetos sem referências.
- **Orientação a objetos:** Java é completamente orientada a objetos. A POO – Programação Orientada a Objetos é uma metodologia de desenvolvimento de software, em que um programa é percebido como um grupo de objetos que trabalham juntos. Objetos são instâncias de classes, as quais são elementos de modelagem para representação de estrutura e relações.

5.4 A API Java

O Application Programming Interface (ou Interface de Programação de Aplicativos) é um conjunto de interfaces, pacotes e classes padrões da linguagem, que fornece ao desenvolvedor formas para acessar os recursos do sistema.

Em Java, existem dois tipos de métodos: Java e Nativo. Os métodos Java, são escritos na mesma linguagem. Os métodos nativos, são escritos em qualquer outra linguagem, e compilado para código nativo de máquina.

A API de Java é bastante extensa, tendo bibliotecas para criar interfaces com o usuário, desenhar imagens e gráficos, edição de texto, trabalhar com vídeos, bibliotecas com rotinas para facilitar a cooperação com protocolos TCP/IP, entre outros. Adiante falaremos sobre as APIs utilizadas no desenvolvimento do jogo.

5.5 A máquina Virtual

“Escreva uma vez, execute em qualquer lugar” - WORA (Write Once, Run Anywhere), – é um famoso conceito de portabilidade que sempre foi usado como slogan de Java. A Java Virtual Machine é um programa, desenvolvido na linguagem C++, que roda em um computador, sendo ele de qualquer plataforma. Essa máquina virtual fornece um ambiente no qual os bytecodes Java, gerados pelo compilador Java, são executados e interpretados para a plataforma nativa, para que possam ser executados (Gomes, 2009).

A Oracle, que é proprietária do Java, é quem desenvolve as Java Virtual Machine, mas qualquer outra empresa pode desenvolver

sua JVM, desde que sigam as especificações publicadas pela Oracle e suas obrigações contratuais.

5.6 O Software Development Kit

A Sun Microsystems, integrante da Oracle Corporation, é proprietária de um kit de desenvolvimento gratuito, disponível pela web, sempre que é lançada uma nova versão do Java. Esse kit é composto por um compilador e diversas bibliotecas, para dar suporte a essa nova versão da linguagem. A última versão lançada é a JDK 7.

5.7 Interface

Para o desenvolvimento da interface gráfica do usuário, ou GUI, decidiu-se pela criação de uma que facilitasse a aprendizagem e tornasse curta a curva de aprendizado como é recomendado no texto do livro Java Como Programar.

Fornecendo a diferentes aplicativos um conjunto consistente de componentes intuitivos de interface com o usuário, as GUIs dão ao usuário um nível básico de familiaridade com um programa sem que ele jamais tenha usado o programa. Por outro lado, isto reduz o tempo exigido dos usuários para aprender a usar um programa e aumenta a sua habilidade de usar este programa de uma maneira produtiva. (DEITEL, 2002)

A tela principal do jogo contém a barra de menu na parte superior, subdividida nos itens “Arquivo”, “Consultar”, “Questionário” e “Ajuda”. Logo abaixo temos uma divisão horizontal onde no lado esquerdo localiza-se o texto das rodadas do jogo e os botões de ação e ao lado direito a ilustração da respectiva rodada e o *Check Box*⁵ que

⁵ Pequena caixa exibida na tela, quando esta caixa é clicada é exibido um símbolo em seu interior indicando que a opção foi selecionada.

desabilita a animação automática exibida ao lançar um dado ao longo do jogo. A figura 15 ilustra a tela inicial do jogo.

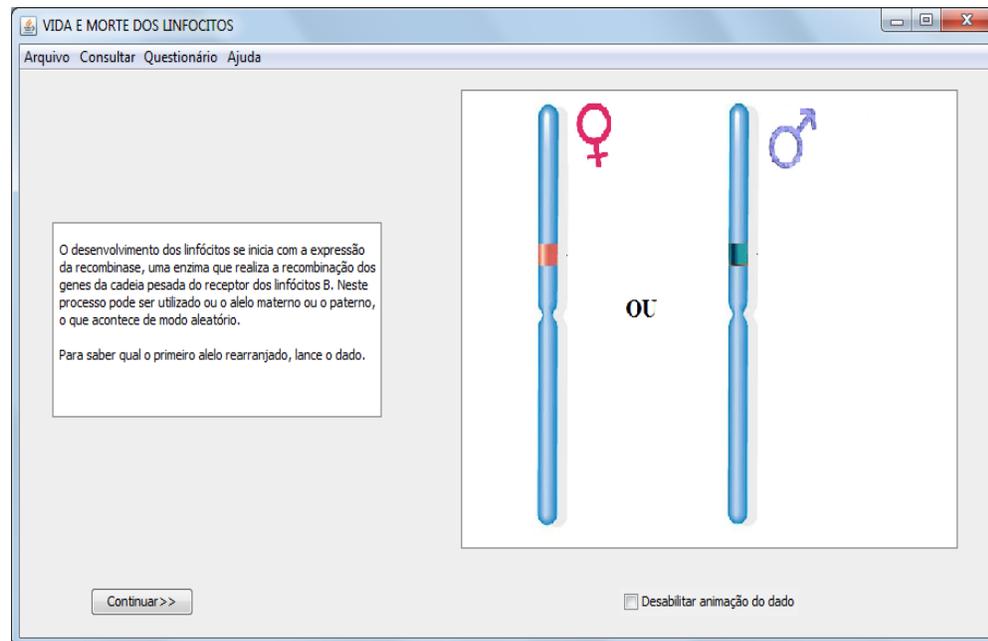


Figura 15 – Tela inicial do jogo

Fonte: Elaboração Própria

5.8 Menus

A fim de subdividir as funções disponíveis de maneira simples e funcional foi criada uma barra de menu, esta contém quatro menus a serem explorados.

O menu “Arquivo” contém duas opções, a opção “Novo Jogo” cria um jogo novo, não guardando qualquer registro do jogo anterior, exceto os casos dos jogos que tenham chegado ao fim e quando o usuário permite que seus resultados sejam enviados ao banco de dados do jogo. Já a opção “Sair” apenas encerra todo o processamento e fecha a GUI.

O menu “Consultar” contém as opções “Resultados do aluno” e “Resultados da Turma”. Em ambas é necessário digitar a matrícula para ter acesso aos resultados, como mostrado na figura 16.

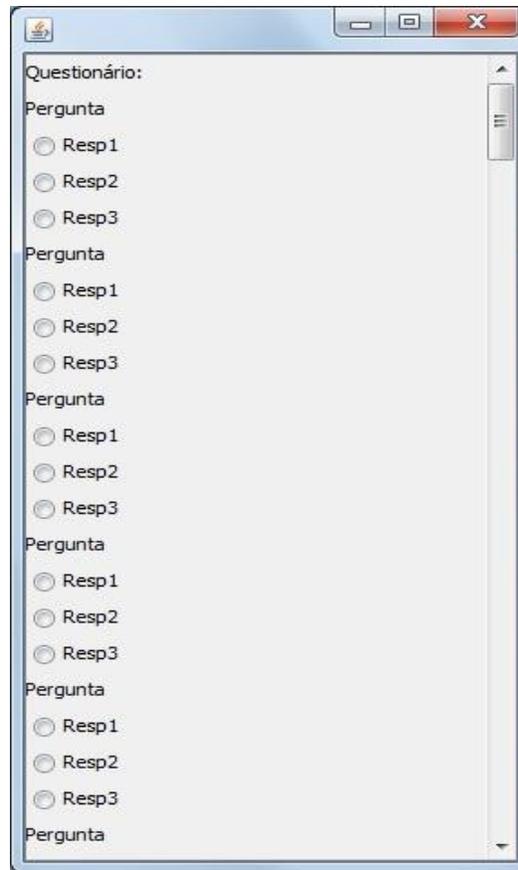


Figura 16 – Tela de inserção da matrícula

Fonte: Elaboração Própria

A opção “Resultados do aluno” retorna todos os resultados dos jogos anteriores realizados pelo respectivo aluno, enquanto a opção “Resultados da Turma” retorna os resultados dos jogos anteriores de todos os alunos que estejam na mesma turma do aluno cuja matrícula foi fornecida e no mesmo período.

O menu “Questionário” possui as opções “Criar Novo Questionário” e “Resultados do Questionário”. A primeira opção exibe na tela uma sequência de dez perguntas, cada uma com três opções de resposta, sendo o conjunto de perguntas e respostas sorteadas aleatoriamente entre as que estão cadastradas no banco de dados. Ao fim do questionário o aluno deve clicar no botão “Verificar Resultado” para assim medir seu desempenho, e concomitantemente enviar seus acertos e erros em cada questão para o banco de dados. Na figura 17 é ilustrada a tela de questionário.



Questionário:

Pergunta

Resp 1

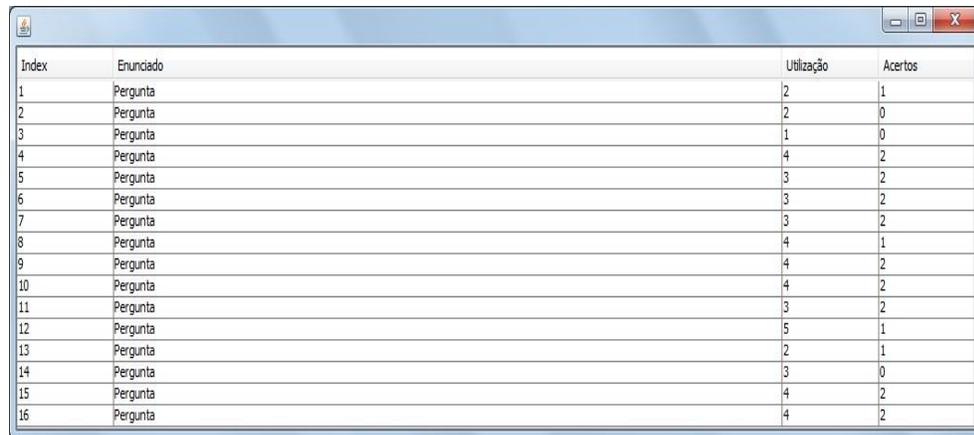
Resp 2

Resp 3

Figura 17 – Tela do Questionário

Fonte: Elaboração Própria

A opção “Resultados do Questionário” é de exclusividade dos professores e exibe a quantidade absoluta de utilização, erros e acertos de cada pergunta contida no banco de dados, essas estatísticas serão utilizadas pelos professores para definir os pontos críticos de desempenho dos alunos. A figura 18 ilustra a tela de resultados do questionário.



Index	Enunciado	Utilização	Acertos
1	Pergunta	2	1
2	Pergunta	2	0
3	Pergunta	1	0
4	Pergunta	4	2
5	Pergunta	3	2
6	Pergunta	3	2
7	Pergunta	3	2
8	Pergunta	4	1
9	Pergunta	4	2
10	Pergunta	4	2
11	Pergunta	3	2
12	Pergunta	5	1
13	Pergunta	2	1
14	Pergunta	3	0
15	Pergunta	4	2
16	Pergunta	4	2

Figura 18 – Tela da estatística do questionário

Fonte: Elaboração Própria

Por fim temos o menu “Ajuda” que contém a opção “Sobre”, ao clicar nesta opção é exibida uma tela informativa com o nome e contato dos desenvolvedores e da orientadora do projeto.

5.9 Dinâmica do jogo

O jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” é dividido em diversas rodadas, cada uma com um evento específico. Ao adaptar o jogo para a versão digital foi pensado um modelo de interface que permitisse ao usuário realizar ações que simulassem os diversos eventos previstos no roteiro do jogo.

Na tela original observa-se a barra de menus, a ilustração da rodada, o enunciado da rodada e botões que realizam ações. Esses botões variam de quantidade conforme o evento que está representado e as opções disponíveis de apoio ao aprendizado. Ao iniciar o jogo, a primeira ação a ser realizada é a leitura do enunciado acompanhada da ilustração, que tem a função de facilitar o entendimento do texto, após isso o usuário deve clicar no botão

“Continuar” e em seguida no botão “Lançar dado”. Será iniciada a exibição de um curto vídeo do lançamento de um dado, que pode ser desabilitado marcando a *checkbox* “Desabilitar animação do dado”, em seguida é mostrado o resultado numérico obtido. A figura 19 ilustra o vídeo do lançamento do dado.

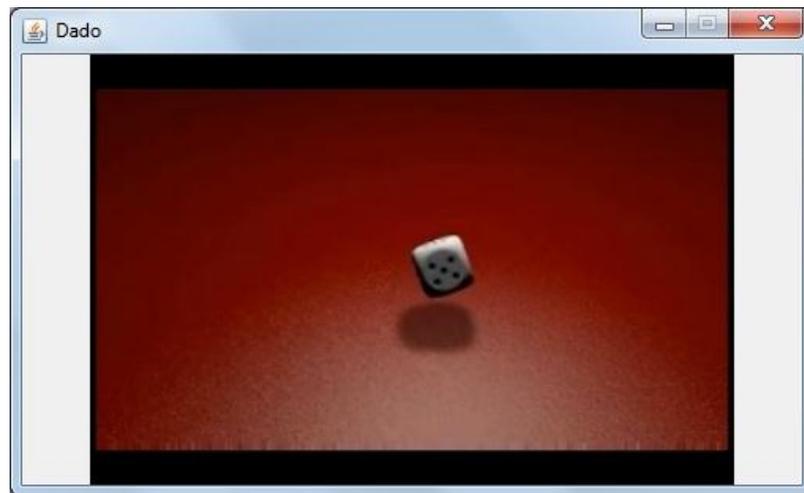


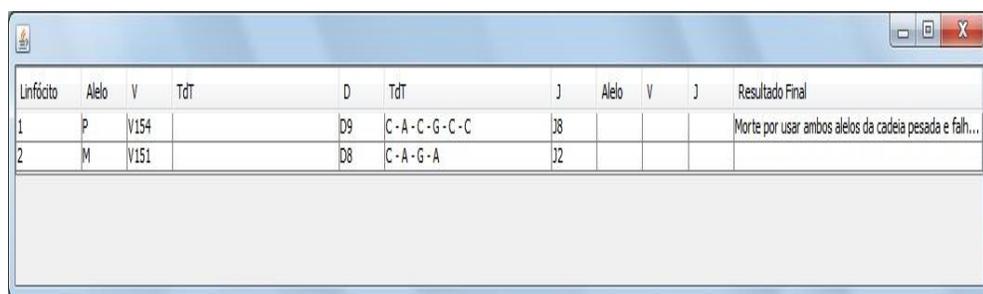
Figura 19 – Tela do lançamento do dado

Fonte: Elaboração Própria

Após o resultado obtido é mostrada na tela principal do jogo uma mensagem que depende exclusivamente do evento desencadeado pelo resultado. A mensagem pode anunciar um sucesso, fracasso ou mesmo um evento neutro. Abaixo da mensagem é exibido o botão “Próxima Rodada” que dá continuidade ao processamento passando o jogo para a próxima rodada, prevista no roteiro, e que é dependente dos eventos ocorridos ao longo do jogo. É possível que um segundo botão também seja exibido, o botão “Assistir Vídeo”, que inicia um vídeo cujo objetivo é auxiliar o aprendizado explicando com uma didática mais refinada os pontos mais importantes para o conteúdo programático da disciplina.

Ao atingir um evento que ocasione o final do jogo é exibido o resultado final, dando ao usuário a opção de enviar seus resultados para o banco de dados e responder ao questionário padrão do jogo.

As figuras 20 e 21 ilustram respectivamente a tela que exibe o resultado final do jogo e a que dá ao usuário a opção de enviar os resultados para o banco de dados.



Linfócto	Alelo	V	TdT	D	TdT	J	Alelo	V	J	Resultado Final
1	P	V154		D9	C - A - C - G - C - C	08				Morte por usar ambos alelos da cadeia pesada e falh...
2	M	V151		D8	C - A - G - A	02				

Figura 20 – Resultado Final

Fonte: Elaboração Própria



Inserir Resultado

i Deseja incluir seu resultado no banco de dados para consulta posterior?
Se deseja favor digitar sua matrícula (7 dígitos):

OK Cancelar

Figura 21 – Tela de escolha do usuário

Fonte: Elaboração Própria

5.10 Bibliotecas

5.10.1 Biblioteca para reprodução de vídeos

Ante a necessidade de reproduzir vídeos em momentos importantes do jogo, com o objetivo de auxiliar a fixação do conteúdo exposto, foi feita uma pesquisa de bibliotecas que auxiliassem a implementação deste recurso.

Inicialmente foi adotada a biblioteca Java Media Framework, mais conhecida como JMF, documentada e desenvolvida pela Sun. No entanto a mesma está defasada e não reproduz formatos mais recentes de vídeo.

Após longa pesquisa em fóruns e projetos open source desenvolvidos em Java foi adotada a biblioteca dsj, desenvolvida pela Humatic®.

A biblioteca dsj é uma camada de abstração em Java da Interface de Programação de Aplicativos (API) Directshow, de propriedade da Microsoft e permite a edição e reprodução de vídeos, e seu objetivo principal é facilitar o uso dos recursos do Directshow, sem que o programador tenha um conhecimento profundo da mesma.

Ao longo do jogo é possível assistir vídeos em rodadas específicas e no lançamento do dado. Sua interface é demonstrada na figura 22.

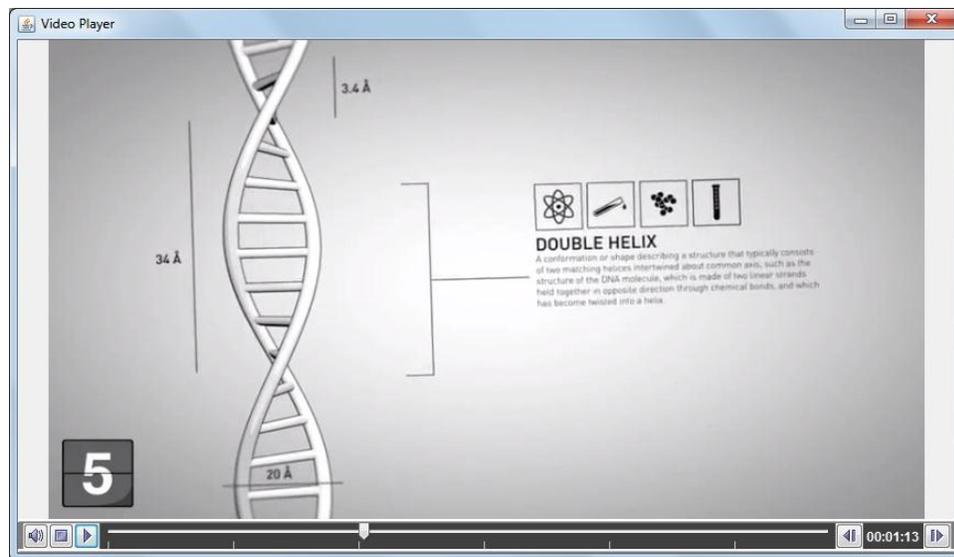


Figura 22 – Reprodutor de vídeo

Fonte: Elaboração Própria

5.10.2 Biblioteca para plotar gráficos

No jogo original existem algumas tarefas que visam à análise dos resultados logo após sua conclusão, entre elas, a plotagem de um gráfico que demonstra a relação entre os linfócitos que sobreviveram e os que morreram.

Ao longo do desenvolvimento do jogo foi solicitada a automatização da criação do gráfico. Para atender esta requisição foi utilizada a biblioteca JFreeChart, projeto OpenSource criado e gerenciado por David Gilbert com a contribuição de vários outros desenvolvedores anônimos.

Com o objetivo de facilitar a proporcionalidade foi utilizado um gráfico 3D em forma de pizza como mostrado na figura 23.

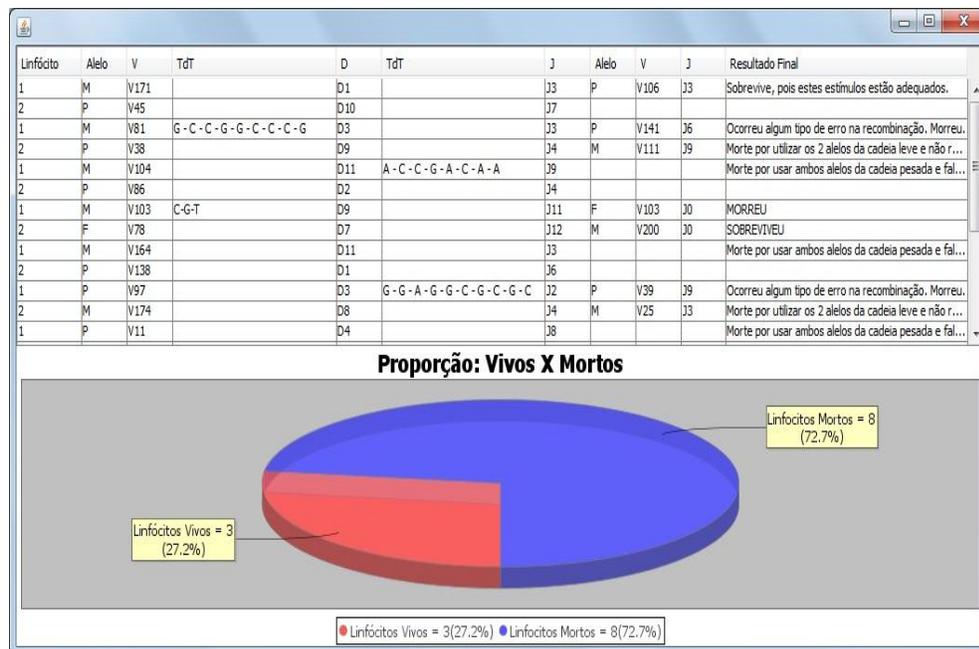


Figura 23 – Gráfico comparativo da quantidade de linfócitos vivos e mortos

Fonte: Elaboração Própria

5.10.3 Biblioteca de conexão com banco de dados

Os resultados do jogo são armazenados no SGBD Oracle para consulta posterior, porém nada disso seria possível sem o uso da biblioteca Java Database Connectivity (JDBC). Através dela é possível acessar um banco de dados qualquer com a linguagem Java, além de realizar operações neste banco.

No desenvolvimento do jogo esta biblioteca foi utilizada para consultar os resultados do aluno e da turma (ambos necessitam que o usuário informe sua matrícula) e para enviar os resultados do jogo ao servidor onde está instalado o banco de dados. A arquitetura funcional é ilustrada na figura 24.

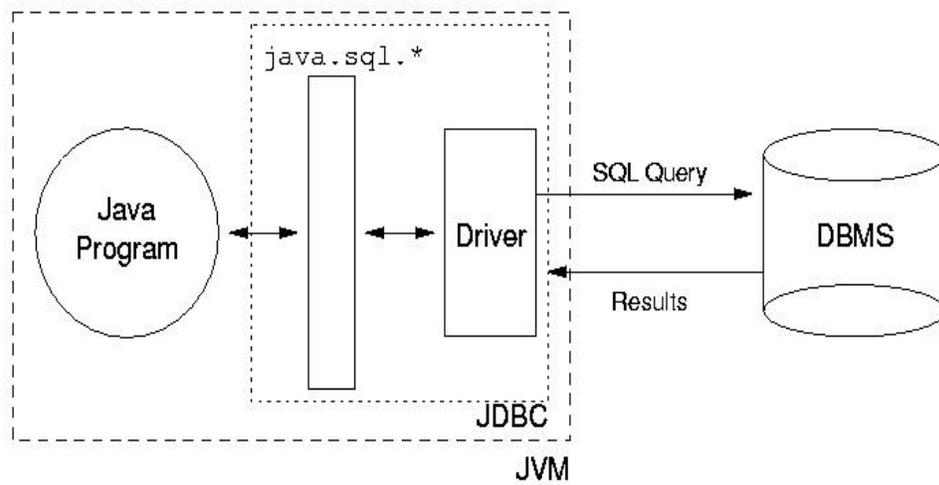


Figura 24 – Arquitetura do JDBC

Fonte: Adaptado de <http://www.cse.unsw.edu.au/~jas/talks/jdbc/slide002.html>, 1999

6 Comparativo entre as versões

6.1 Teste de aceitação com os usuários

Após o desenvolvimento do jogo foi realizado um teste de aceitação dos usuários com alunos do Instituto de Biologia da UFF que já haviam jogado o jogo em papel. Para a avaliação foi disponibilizada uma versão de teste e aplicado um questionário com o objetivo de avaliar alguns itens como: facilidade de uso, aprendizagem e a comparação com o jogo em papel. A seguir apresentamos o questionário aplicado:

Prezado (a),

Solicitamos que faça uma breve avaliação da adaptação digital do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos”, descrevendo sua opinião sobre os seguintes itens:

- Facilidade de uso;
- Facilidade de aprendizagem;
- Ganhos com uso do questionário;
- Ganhos com a visualização dos resultados;
- Comparação com jogo em papel;

O teste envolveu o total de quatro usuários, que apresentaram uma recepção muito positiva ao jogo. Alguns desses aspectos que foram apontados pelos usuários foram a interface intuitiva, a visualização dos eventos que ocorrem ao longo do jogo através das imagens e vídeos, e a aplicação do questionário que permite ao aluno ter uma segurança que o assunto foi bem assimilado.

Como pontos de melhoria devemos destacar a dificuldade de alguns usuários em identificar os pré-requisitos para a utilização do jogo, o que é natural já que nesta fase o jogo ainda não foi distribuído com um manual de instruções para a instalação do mesmo, além de erros de conexão com banco de dados, ocasionados pela

indisponibilidade do servidor, impossibilitando a utilização do jogo por alguns dias.

A seguir está transcrevemos as respostas dos usuários:

Usuário 1:

- Facilidade de uso;

O jogo é bem prático e fácil de utilizar, porém foi muito difícil ter acesso ao jogo, uma vez que era preciso instalar alguns programas e muitas vezes o mesmo não rodou.

- Facilidade de aprendizagem;

Se comparado ao jogo de papel, acredito que teve uma melhoria muito grande na aprendizagem.

- Ganhos com uso do questionário;

Achei muito legal ter o questionário ao final do jogo, pois funciona como uma revisão do conteúdo.

- Ganhos com a visualização dos resultados;

Enormes!

- Comparação com jogo em papel;

Na minha opinião, o jogo se tornou muito mais dinâmico o que o torna melhor se comparado com o de papel.

Usuário 2:

- Facilidade de uso:

Não encontrei nenhuma dificuldade, foi bem fácil de usar o jogo ele é bem intuitivo.

- Facilidade de aprendizagem:

É mais fácil aprender uma vez que a gente interage ao mesmo tempo em que observamos as imagens e o passo a passo do processo.

- Ganhos com uso do questionário:

O questionário é uma excelente ferramenta para gente retomar o conteúdo que vemos no jogo.

- Ganhos com a visualização dos resultados:

Achei que é bom para a gente ter uma noção dos resultados gerais e ver alguma se há alguma tendência.

- Comparação com jogo em papel:

Sem dúvidas muito melhor. Pois a nossa atenção vai se voltar única e exclusivamente para as etapas do jogo.

Usuário 3:

- Facilidade de uso;

Achei super tranquilo, pois a interface do jogo era muito boa. O único problema era antes de iniciar o jogo, pois tentei mexer nele algumas vezes e sempre dava um erro, e o jogo não corria.

- Facilidade de aprendizagem;

Facilita e muito a aprendizagem, porque o jogo mostra o passo a passo do que acontece durante o desenvolvimento dos linfócitos de maneira mais prática.

- Ganhos com uso do questionário;

Ótimo para retomarmos alguns pontos que não ficaram muito claros ou que possam ter passado batido durante o jogo.

- Ganhos com a visualização dos resultados;

Vai ser muito bom para o professor, poder orientar melhor os alunos.

- Comparação com jogo em papel;

Dez vezes melhor que o jogo de papel.

Usuário 4:

- Facilidade de uso;

O jogo em si foi muito fácil de mexer. Mas acho que tinha que ter umas instruções antes de usá-lo, pois tive que baixar o Java (e não tinha a menor ideia que era preciso). Depois não rodou, e, só depois de um tempo percebi que tinha que criar uma nova pasta para descompactá-lo, e mesmo assim deu alguns erros na hora de executar. Tentei cinco vezes em dias anteriores sem sucesso, só consegui executar dias depois.

- Facilidade de aprendizagem;

Por ser muito dinâmico, vai facilitar a aprendizagem.

- Ganhos com uso do questionário;

Isso ajuda muito a repassar a matéria, inclusive como preparação para uma futura prova ou teste.

- Ganhos com a visualização dos resultados;

Legal, um recurso a mais é sempre bem-vindo.

- Comparação com jogo em papel;

Acho que melhorou significativamente, porém acredito que poderiam haver animações durante o jogo.

6.2 Vantagens e dificuldades identificadas

A versão digital do jogo torna possível sua utilização fora do horário de aula, o que não era exequível anteriormente ante a necessidade do uso de materiais que estão disponíveis apenas em sala de aula.

Com esta nova possibilidade, o aluno estará estudando e realizando tarefas sem que seja necessário deixar de lado suas horas de entretenimento em seu computador. Além de essa versão proporcionar aos alunos a possibilidade de acessar a ferramenta e jogar o jogo a qualquer momento (e quantas vezes quiser), tornando mais fácil de conseguir alcançar um dos objetivos do jogo, há a

contribuição para uma aprendizagem mais significativa dos alunos nos assuntos relacionados à imunologia.

Com a utilização do questionário, é coletada e enviada para o banco de dados do jogo a quantidade de acertos e erros de cada uma das questões elaboradas.

A disponibilização desses dados possibilita um direcionamento aos professores quanto aos assuntos que devem ser objeto de mais atenção em suas aulas, antes mesmo de possuir qualquer resultado de avaliação com o conteúdo abordado no jogo.

Futuramente as questões podem ser refinadas para incluir mais partes do conteúdo contido no jogo, ou mesmo para forçar o aluno a responder questões que gerem dúvidas recorrentes em diversas turmas que tenham utilizado o aplicativo.

Um tema que está em destaque nos últimos anos é a sustentabilidade. De acordo com Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, sustentável é tudo que tem condições para se manter ou se conservar. Trazendo esta definição para o contexto meio ambiente nos vemos na urgente necessidade de reduzir o consumo em todas as esferas e, então, conservar aquilo que utilizamos.

A digitalização do jogo contribui para um mundo sustentável porque elimina a necessidade do uso de papel e tinta de impressão a partir da primeira turma que o utilize.

Não há como precisar o quanto de papel e tinta será economizado, porém é possível fazer uma estimativa projetando dez anos a frente considerando que as dezoito turmas utilizem o jogo e cada turma tenha quarenta alunos inscritos.

Considerando que cada aluno possua duas folhas com as regras, uma folha com tabuleiro e mais duas folhas com as fitas temos nas dezoito turmas a utilização de três mil e seiscentas folhas de papel em apenas um período letivo, logo em dez anos serão economizadas setenta e duas mil folhas, mesmo levando em consideração que cada turma jogue o jogo apenas uma vez.

O projeto segue a ideologia Open Source, ou seja, o código está disponível para consulta, alteração, aprimoramento ou estudo por qualquer usuário, e não exige licença para sua distribuição ou uso próprio. Sendo assim, possível para que outros estudantes se interessem em aprimorar o jogo, adicionando posteriormente, novas funcionalidades, gráficos ou animações.

Na versão em papel do jogo alguns eventos importantes para o entendimento do aluno são simulados manualmente como , por exemplo, cortar as fitas e realizar a junção dos segmentos V e J, enquanto na versão digital todos os eventos são transmitidos através de imagens e vídeos. Esta mudança pode acarretar numa maior dificuldade para compreensão dos eventos principais do jogo.

Uma sugestão para eliminar este problema em potencial é demonstrar os eventos principais em aula, preservando a função didática da intervenção manual existente na versão em papel.

Ao realizar o teste de aceitação com os usuários verificou-se a existência de problemas com a instalação do jogo por usuários leigos na tecnologia Java.

Com base nos depoimentos dos usuários torna-se necessário disponibilizar o jogo com um manual de instalação bem detalhado e inteligível, que permita a qualquer usuário a plena utilização da ferramenta desenvolvida.

7 Considerações finais

A adaptação digital do jogo “Vida e Morte dos Linfócitos” buscou preservar as características originais do jogo e acrescentar recursos como vídeos, imagens, os gráficos e os questionários para auxiliar os alunos na compreensão do conteúdo educacional contido no roteiro do jogo.

Na elaboração do projeto priorizou-se o desenvolvimento de uma interface fácil e familiar, além da portabilidade de plataforma o que permite a utilização do jogo em qualquer sistema operacional.

Outro ponto a ser destacado foi a aplicação do questionário no jogo digitalizado, cujas questões podem ser atualizadas no banco de dados a partir da análise dos resultados da sua aplicação, tornando possível identificar os pontos de maior dificuldade dos alunos e assim melhorar o ensino da disciplina.

Como sugestões de futuras melhorias e customizações indica-se a inclusão de mais vídeos e imagens de auxílio aos eventos que ocorrem ao longo do jogo. Outra sugestão relaciona-se a uma evolução contínua do questionário. As perguntas devem convergir para os temas que causam mais dúvidas nos alunos. Essa análise deverá ser feita com base na proporção de acertos e erros das questões ao longo do tempo.

Como o projeto é de natureza open source e sua utilização pode ser efetiva para o uso acadêmico, o código fonte está disponível em <http://code.google.com/p/jogo-linfocitos/>, o que possibilita a melhoria contínua do software com a inclusão de novas funcionalidades ou mesmo o reuso do código desenvolvido para novas aplicações.

Ao longo da elaboração desta monografia foram necessárias diversas pesquisas acerca da tecnologia Java e suas bibliotecas, adicionando conhecimento sobre a linguagem e a área de programação. Também foi necessário compreender um problema de uma área de conhecimento distinta, para isso foram utilizadas variadas técnicas de engenharia de software, enriquecendo a formação em mais uma área de computação.

8 Referências bibliográficas

[1] ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H. **Cellular and Molecular Immunology**. 5th ed., Saunders, 2003.

[2] BAPTISTA Leandro, PALANGANI Marlon, DEOLDOTO Tiago. **JAVA VIRTUAL MACHINE (JVM)**. 2009.

[3] BOMTEMPO, E. **A psicologia do brinquedo: aspectos teóricos e metodológicos**. São Paulo: Nova Stella-EDUSP, 1986.

[4] DEITEL H.M.; DEITEL P.J. **Java Como Programar 4ª Edição**. Bookman, 2004.

[5] FRIEDMANN, A. **Brincar: Crescer e aprender – o resgate do jogo infantil**. São Paulo: Moderna, 1996

[6] GOMES, A. F. **PRONTO! Software para gestão de projetos ágeis**. 2009. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Faculdade de Informática e Administração Paulista, São Paulo. Disponível em: <http://pronto.bluesoft.com.br/historia/Monografia_pronto.pdf >. Acesso em: 15 jun. 2012.

[7] JANEWAY, CA JR.; TRAVERS, P. **Immunobiology**. 6th ed., Elsevier ,2004

[8] MARKET E.; PAPAVALIIOU F.N.. **V(D)J Recombination and the Evolution of the Adaptive Immune System**. PLoS Biol 1(1): e16. doi:10.1371/journal.pbio.0000016, 2003.

- [9] MECENAS, I. **Java2 Fundamentos, Swing e JDBC**, Alta Books, 2005.
- [10] MELO, C.M.R. **As atividades lúdicas são fundamentais para subsidiar ao processo de construção do conhecimento (continuação)**. *Información Filosófica*. V.2 nº1, 2005.
- [11] MOURA J. S. **Jogos Eletrônicos e Professores: Primeiras Aproximações**. Universidade do Estado da Bahia, 2008. Disponível em: <<http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario4/trab/jm.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2012.
- [12] OLIVEIRA D. V. DE. **JDBC – Java Database Connectivity**. Videira: Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2001.
- [13] POZO J.I. **Aprendizes e mestres: a cultura da aprendizagem**. Tradução de Ernani Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 2002.
- [14] ROGERS, C.; LAURA, L. **Aprenda Java em 21 dias – Java 2**, Ed. Campus.
- [15] SANTOS JR., M. F. **Da liberdade da infância ao cárcere escolar**. In: Congresso Científico Latino Americano da Fieop-Unimep, 2.; e Simpósio Científico Cultural em Educação Física e Esportes – Brasil/Cuba, 2002, Piracicaba: Coletâneas... Piracicaba: Fieop-Unimep, 2002.

[16] SANTOS, L.F.C.; LAGROTA J.C., BARRETO C.M.B. **Avaliação do uso pedagógico do jogo – Vida de Morte dos Linfocitos**. Departamento de Imunobiologia – Projeto Permanente: Apoio Pedagógico e Desenvolvimento de Metodologias Ativas de Ensino nas Aulas Práticas de Imunologia, 2010

[17] SANTOS L.F.C.; TEIXEIRA G. **Conhecimentos prévios e sua importância para o planejamento pedagógico**. Departamento de Imunobiologia – Projeto Permanente: Apoio Pedagógico e Desenvolvimento de Metodologias Ativas de Ensino nas Aulas Práticas de Imunologia, 2011

[18] WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. **Java(Linguagem de programação)**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Java_\(linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o\)&oldid=30846711](http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Java_(linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o)&oldid=30846711)>. Acesso em: 15 jun. 2012.

[19] WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. **Máquina Virtual Java**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A1quina_virtual_Java&oldid=30865176>. Acesso em: 3 jul. 2012.

[20] Página da UFPE. **Diversidade de anticorpos**. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/biolmol/Aula-Imunogenetica/aula-imuno-02.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

[21] Página JavaFree.org. Disponível em: <<http://www.javafree.org/wiki/Java>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

[22] Página da Sun. Disponível em: <<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/>>. Acesso em: 15 jun. 2012

[23] Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Disponível em:<<http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=sustentavel>>

9 ANEXO I – Jogo Vida e Morte dos Linfócitos

Universidade Federal Fluminense



Vida e morte dos linfócitos

Gerlinde Agate Platais Brasil Teixeira

- **Introdução e objetivos do jogo**

Este jogo é um modelo dos passos (de forma resumida) que ocorrem durante a ontogenia dos linfócitos. Ele não pretende ser exaustivo e sim um modelo didático para que seja possível compreender os passos pelos quais os linfócitos passam durante sua ontogenia.

As instruções do jogo foram feitas para o rearranjo do Linfócito B mas os princípios básicos se aplicam aos linfócitos T.

- **Regras do jogo**

Vamos considerar que cada participante seja um linfócito em desenvolvimento. Para sobreviver, a condição imprescindível é ter um receptor clonal na membrana plasmática. Para jogar, e sobreviver, todos terão que repetir os passos descritos abaixo.

Preparo para o jogo

1. Antes de dar início ao jogo você vai precisar simular o DNA que você herdou de seus pais.
2. Prepare os dados, a tesoura e a cola para realizar as próximas etapas

3. Pegue as folhas que contém as fitas com os segmentos V, D e J, corte as tiras, onde indicado, e com cola una as tiras de modo a simular a fita de DNA genômico herdado.
4. Anote no tabuleiro do jogo cada jogada
 - Vamos analisar os acontecimentos no final.
5. Sugestão
 - após ter jogado a primeira vez rearranjando a fita de DNA (papel), e tendo compreendido o mecanismo do rearranjo, sugerimos jogar apenas com o tabuleiro, anotando todos os eventos para que seja possível perceber a variabilidade que é gerada em cada linfócito (rodada).

O Jogo

1. O desenvolvimento dos linfócitos se inicia com a expressão da recombinase, uma enzima que realiza a recombinação dos genes da cadeia pesada do receptor dos linfócitos B, para saber qual o primeiro alelo a ser rearranjado, materno ou paterno, jogue qualquer dado.
 - Número ímpar - Materno
 - Número par – Paterno
 - Anote no tabuleiro
2. Jogue os dados D10 (representando os segmentos “J”) e D12 (representando os segmentos gênicos “D”) para saber que combinação DJ você vai ter.
3. Faça uma alça no seu DNA de modo a juntar os respectivos segmentos gênicos obtidos nos dados e depois recorte o que estiver neste intervalo
 - Por exemplo – se você obteve nos dados D1 e J3:
 - Elimine o que estiver neste intervalo de modo que você possa colar D1 ao lado de J3.
4. Agora jogue os dados D20 e D10 (representando os segmentos “V”) para saber que segmento “V” você terá:
 - D20 representa a centena e a dezena e
 - D 10 a unidade.
 - por ex. D20=17 e D10=3 o segmento “V” escolhido foi o 173
5. Faça uma alça no seu DNA de modo a aproximar o segmento “V” escolhido aos segmentos “D/J” já rearranjados. Recorte seu DNA que estiver no intervalo e faça o reparo da sua fita (cole).
6. Vamos ver se os seus rearranjos foram funcionais.
7. Jogue qualquer dado
 - Número ímpar: significa que suas enzimas uniram os diversos segmentos de modo adequado. Passe para a etapa 10.
 - Número par: ocorreu algum erro e será necessária a ação da enzima TdT que vai inserir de 1 a 12 nucleotídeos em uma das junções a escolher.
 - Para saber em que junção houve o erro jogue o dado novamente
 - Par – V/D
 - Ímpar – D/J
8. Para saber quantos nucleotídeos foram inseridos jogue seu dado D12.
9. Para saber quais nucleotídeos foram inseridos jogue o D4 o número de vezes indicado pela jogada anterior usando a correspondência abaixo

1 = A (Adenina)	3 = G (Guanina)
2 = C (Citosina)	4 = T (Timina)
10. Para ter um gene funcional você precisa de mais um último rearranjo. Que não é aleatório. Una seu segmento VDJ rearranjados ao segmento $\mu\delta$ da cadeia constante.
11. Vamos ver se suas enzimas realizaram o reparo adequadamente produzindo um gene funcional. Jogue qualquer dado

	PRIMEIRO ALELO	SEGUNDO ALELO
Número par?	Significa que sua recombinação foi realizada de modo adequado, portanto, você (o linfócito) pode	Significa que sua recombinação foi realizada de modo adequado, portanto, você (o linfócito) pode

	agora transcrever e traduzir sua proteína de membrana. Segue para a etapa 12 .	agora transcrever e traduzir sua proteína de membrana. Segue para a etapa 12 .
Número ímpar?	Significa que ocorreu algum tipo de erro na sua recombinação. Portanto para sobreviver, você terá que repetir os passos de 1 a 9 utilizando desta vez o seu segundo alelo para cadeia pesada.	Significa que ocorreu algum tipo de erro na sua recombinação. Você morre, pois já usou ambos os alelos e não conseguiu fazer uma cadeia pesada. Sem esta você não terá um BCR, sem o qual, por sua vez, o linfócito não consegue viver.

12. Agora você tem um gene funcional pode agora transcrever e traduzir sua proteína de membrana.. Mas será que ele é adequado ao seu organismo?

- Para saber se você continua vivo jogue o dado D12

	PRIMEIRO ALELO	SEGUNDO ALELO
Números de 1-5	Estes estímulos são insuficientes. Portanto para sobreviver, você terá que repetir os passos de 1 a 11 utilizando desta vez o seu segundo alelo para cadeia pesada.	Você <u>morre</u> , pois já usou ambos os alelos e não conseguiu fazer uma cadeia pesada. Sem esta você não terá um BCR, sem o qual, por sua vez, o linfócito não consegue viver.
Números de 6-12	Você <u>sobrevive</u> , pois estes estímulos estão adequados, portanto, você (o linfócito) segue para a etapa 13	Você <u>sobrevive</u> , pois estes estímulos estão adequados, portanto, você (o linfócito) segue para a etapa 13

13. Como você é um sobrevivente agora terá que rearranjar sua cadeia leve pois sem ela você não terá o BCR completo. Para saber qual o primeiro alelo a ser rearranjado, materno ou paterno, jogue qualquer dado.

- Número ímpar - Materno
- Número par – Paterno. Anote no tabuleiro
- Agora jogue os dados D12 (representando os segmentos “J”) e os dados D20 e D10 (representando os segmentos gênicos “V”) para saber que combinação VJ que você terá.

14. Faça uma alça no seu DNA e recorte seu DNA de modo a juntar os respectivos segmentos gênicos obtidos nos dados

- Por exemplo: J4 com V138
- Você vai cortar fora tudo que estiver neste intervalo de modo que D4 fique do lado de V138

15. Faça agora uma nova alça para unir os segmentos V/J rearranjados com a região constante da cadeia leve, recorte seu DNA de modo a juntar os respectivos segmentos gênicos.

16. Para saber se sua recombinação foi feita com sucesso jogue qualquer dado

	PRIMEIRO ALELO	SEGUNDO ALELO
Número par?	Significa que sua recombinação foi realizada de modo adequado, portanto, você (o linfócito) pode agora transcrever e traduzir sua proteína de membrana. Segue para a etapa 17	Significa que sua recombinação foi realizada de modo adequado, portanto, você (o linfócito) pode agora transcrever e traduzir sua proteína de membrana. Segue para a etapa 17

Número ímpar?	Significa que ocorreu algum tipo de erro na sua recombinação. Portanto para sobreviver, você terá que repetir os passos de 13 a 15 utilizando desta vez o seu segundo alelo para cadeia leve.	Você morre, pois já usou ambos os alelos de cadeia leve e não conseguiu fazer uma cadeia leve sem a qual você não terá seu receptor clonal, portanto você (o linfócito) não consegue viver.
---------------	--	---

- OBS - Para cadeia leve existe um segundo conjunto de segmentos gênicos localizados em outro cromossomo. Poderíamos continuar, mas para simplificar o jogo não a recombinaremos.

17. Tendo completado a recombinação, tanto de cadeia pesada quanto da cadeia leve, de modo funcional você (o linfócito) poderá agora expressar o seu receptor clonal completo e sair da medula óssea para algum órgão linfóide periférico. Mas será que este receptor é adequado ao seu organismo?

- Para saber se você continua vivo jogue o dado D12

PRIMEIRO ALELO	
Números de 1-4	Você morre por estímulos insuficientes.
Números de 5-8	Você <u>sobrevive</u> , pois estes estímulos estão adequados, portanto, você (o linfócito) pode agora interagir com as outras células do sistema imune.
Número de 9-12	Você morre, pois estes estímulos são demasiados e provavelmente você é um linfócito auto-reativo.

18. Para finalizar vamos ver quantos sobreviveram.

19. Dos que sobreviveram quantos têm receptores idênticos?

20. Quantos utilizam o mesmo conjunto VDJ (cadeia pesada), do mesmo alelo?

21. Quantos utilizam o mesmo conjunto VJ (cadeia leve), do mesmo alelo?

22. O número de nucleotídeos inseridos é o mesmo? Nas mesmas junções?



Tabuleiro para o jogo

Instruções para uso

- Escolha qual o primeiro alelo a ser utilizado e indique no campo **ALELO** o escolhido
- Anote nos respectivos campos (**V, D, J - V, J**) o segmento gênico selecionado
- Se você Linfócito teve que utilizar sua enzima TdT anote em qual junção houve reparo e quais os ácidos nucleicos que foram inseridos
- No campo **RESULTADO FINAL** você deverá anotar se você sobreviveu ou não e qual a sua especificidade
- Juntando os resultados da turma toda faça uma estatística
 - Quantas vezes houve sobrevida ou morte
 - Entre os sobreviventes quantos utilizaram os mesmos segmentos gênicos
 - Entre os que utilizaram os mesmos segmentos gênicos quantos inseriram o mesmo número e os mesmos ácidos nucleicos na região de reparo através da TdT?
- Plote estes resultados num gráfico e compare os com as informações que você tem a respeito da ontogenia dos linfócitos
- Este é um bom modelo?

Linfócito	Alelo	V	TdT	D	TdT	J	Alelo	V	J	Resultado final
1	M						M			
	P						P			
2	M						M			
	P						P			
3	M						M			
	P						P			
4	M						M			
	P						P			
5	M						M			
	P						P			
6	M						M			
	P						P			
7	M						M			
	P						P			
8	M						M			
	P						P			
9	M						M			
	P						P			
10	M						M			
	P						P			
11	M						M			

12	P						P			
	M						M			
	P						P			
13	M						M			
	P						P			
14	M						M			
	P						P			
15	M						M			
	P						P			
16	M						M			
	P						P			
17	M						M			
	P						P			
18	M						M			
	P						P			
19	M						M			
	P						P			