



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

Gustavo Martins Alves de Almeida

Jogo digital e analogias: uma proposta para o ensino de Cinética Química

Bauru
2015

GUSTAVO MARTINS ALVES DE ALMEIDA

Jogo digital e analogias: uma proposta para o ensino de Cinética Química

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, área de concentração em Ensino de Ciências, da UNESP - Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, sob a orientação do Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza.

Bauru

2015

Almeida, Gustavo Martins Alves.

Jogo digital e analogias: uma proposta para o ensino de Cinética Química/ Gustavo Martins Alves de Almeida, 2015

85 f.

Orientador: Aguinaldo Robinson de Souza

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015

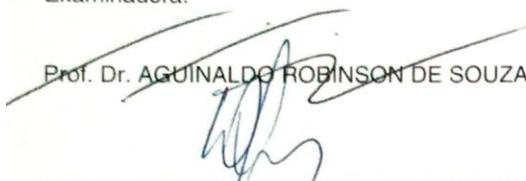
1. Cinética química. 2. jogos digitais. 3. analogias. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.



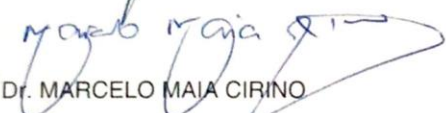
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE BAURU
FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GUSTAVO MARTINS ALVES DE ALMEIDA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 20 dias do mês de fevereiro do ano de 2015, às 14:30 horas, no(a) Laboratório Didático de Química, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. AGUINALDO ROBINSON DE SOUZA do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. WILSON MASSASHIRO YONEZAWA do(a) Departamento de Computação / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. MARCELO MAIA CIRINO do(a) Departamento de Química/Universidade Estadual de Londrina, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GUSTAVO MARTINS ALVES DE ALMEIDA, intitulado "JOGOS DIGITAIS E ANALOGIAS: uma proposta para o ensino de Cinética Química". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. AGUINALDO ROBINSON DE SOUZA


Prof. Dr. WILSON MASSASHIRO YONEZAWA


Prof. Dr. MARCELO MAIA CIRINO

Dedico este trabalho à minha
família por terem me
ajudado em todos momentos
da minha vida.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Aguinaldo Robinson de Souza, pela orientação, ajuda e ensinamentos.

Ao Prof. Marcelo Maia Cirino e Prof. Wilson Massashiro Yonezawa pelas sugestões que enriqueceram o trabalho.

À Prof. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani, pelas sugestões e pelos ensinamentos durante toda a graduação que tornaram esse trabalho possível.

À toda minha família, que me apoiou durante todo o processo.

À Jennifer Sarmiento, minha esposa, sempre compreensiva, que me apoiou de diferentes formas.

Aos funcionários do programa de pós-graduação, por todo o trabalho.

ALMEIDA, G. M. A. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2014.

RESUMO

As dificuldades nas abordagens de conceitos relacionados à físico-química, bem como o interesse dos jovens por novas mídias foram os principais fatores que motivaram o presente trabalho. Realizamos um estudo sobre a utilização de analogias e sua função facilitadora para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos. Assim, foi planejado um jogo que funciona como uma analogia envolvendo conceitos teóricos sobre o movimento de partículas e o modelo cinético dos gases. A construção do jogo foi feita através do *Game Editor*, um software voltado especificamente para esse fim, seguindo conceitos de design de jogos, de modo a se tornar uma mídia interessante e atrativa. O percurso de elaboração do jogo também foi um dos objetos de análise desse trabalho.

Palavras-chave: cinética química, jogos digitais, analogias.

ALMEIDA, G. M. A. Dissertation (Master Degree in Education to Science) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2014.

ABSTRACT

The difficulties in approaches of concepts related to physical chemistry, as well as young people's interest for new media were the main factors that motivated this dissertation. We conducted a study on the use of analogies and its facilitator role in the process of teaching and learning chemistry concepts. Thus, a game was designed, which works as an analogy involving theoretical concepts about motion of particles and about the kinetic model of gases. The construction of the game was made using Game Editor, a software designed specifically for this purpose, and was based on game design concepts, in order to become an interesting and attractive media. The game development path was also one object of analysis in this work.

Keywords: Chemical kinetics, digital games, analogies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Colisão entre molécula e parede do recipiente.....	14
Figura 1.2 - Distribuição de velocidades das moléculas em função da temperatura	16
Figura 3.1 - Luz sendo refratada do ar para a água.....	22
Figuras 4.1 e 4.2 - Exemplos de jogos que simulam conceitos reais	28
Figuras 4.3 e 4.4 - Microsoft Flight Simulator.....	31
Figura 4.5 - Cena de Grand Theft Auto 4.	32
Figura 4.6 - Cena de Counter-Strike.....	33
Figuras 4.7 e 4.8 - Cena de The Legend of Zelda: Ocarina of Time e cena da versão para Game Boy do jogo Tetris, que o tornou popular.....	35
Figura 4.9 - Cena de Left 4 Dead 2.....	36
Figura 4.10 - Arte do jogo Okami.....	38
Figura 4.11 - Flow nos Jogos	39
Figuras 5.1 e 5.2 - Telas do programa RPG Maker VX Ace	43
Figuras 5.3 e 5.4 - Edição de jogos na plataformas do GameMaker	45
Figura 5.5 - Interface do sistema de "blocos" de programação usados no Stencyl.	45
Figuras 5.6a e 5.6b - Interface inicial do Game Editor	48
Figura 5.7 - Tela de configurações de um determinado ator.....	50
Figura 5.8 - Lista de ações.....	50
Figura 5.9 - Janela do Script Editor.....	52
Figura 5.10 - Planejamento de uma das primeiras versões da tela inicial..	53
Figura 5.11 - Teste de jogabilidade em tablet	55
Figura 5.12 - Esquema da construção de uma das versões do jogo	55
Figura 5.13 - Tela inicial da versão final do jogo.....	56
Figura 5.14 - Tela do primeiro nível do jogo.	57

Figuras 5.15 e 5.16 - Mensagem de vitória e mensagem de derrota.....	58
Figura 5.17 - Telas das quatro simulações disponíveis no jogo em seus estados iniciais.....	59
Figura 5.18 - Partículas de diferentes cores se misturando em simulação. .	60
Figura 5.19 - Esboço da estrutura planejada para a versão final do jogo	61
Figura 5.20 - Versão simplificada da estrutura do jogo	61
Figura 5.21 - Exemplos de recursos gráficos produzidos	62
Figura 5.22 - Produção de gráficos no Adobe Photoshop.....	63
Figura 5.23 - Sequência de mudança de gráficos atribuída aos botões da tela inicial.	64
Figura 5.24 - Editor de scripts com a programação que constrói a tela de créditos.....	65
Figura 5.25 - Construção do jogo no Game Editor.....	66
Figura 5.26 - Parte da configuração da janela de mensagens.....	67
Figura 5.27 - Mudança de gráficos por variável.....	67
Figura 5.28 - Atribuição de movimentos aleatórios.....	69
Figura 5.29 - Configuração das ações que determinam o fim do jogo	70
Figura 5.30 - Tela de Game Over do jogo.....	71
Figura 5.31 - Configuração da colisão entre esferas azul e vermelha.....	71

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Elementos em cada nível do jogo.....	58
Quadro 1 - Conceitos análogos presentes no jogo e seus respectivos conceitos alvos teóricos.....	74
Quadro 2 - Diferenças entre o que ocorre no jogo e o que ocorre segundo a teoria.....	76
Quadro 3 - Pontos positivos e negativos no jogo apontados pelos professores consultados.....	80

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CINÉTICA QUÍMICA.....	13
CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS	17
CAPÍTULO 3 - ANALOGIAS	19
3.1 Utilização de analogias em Ciências	21
3.2 Analogias no ensino	23
CAPÍTULO 4 - JOGOS DIGITAIS	28
4.1 Jogos digitais como analogias	28
4.2 Relações entre jogos digitais e ensino	30
CAPÍTULO 5 - O DESENVOLVIMENTO DO JOGO	41
5.1 A escolha do software utilizado	41
5.2 O software Game Editor.....	46
5.3 O jogo e seu desenvolvimento	52
5.3.1 Descrição da versão final	56
5.3.2 Desenvolvimento dos recursos gráficos	60
5.3.3 Montagem do jogo no Game Editor	63
5.4 Analogias no jogo criado.....	74
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXO A - Questionário aplicado com os professores	85

CAPÍTULO 1 - CINÉTICA QUÍMICA

Neste trabalho foi desenvolvido e analisado o processo de construção de um jogo digital que se baseia em conceitos de físico-química. Esse jogo, ainda que de maneira implícita, apresenta algumas das ideias observadas quando se estuda o modelo de movimento das partículas. Portanto, apresentamos nesse capítulo uma breve descrição dos conceitos teóricos que usamos para guiar o trabalho.

O modelo cinético dos gases se baseia em três hipóteses que são descritas por Atkins e Paula (2011). São elas:

- Todo gás é constituído por moléculas com uma certa massa que se encontram em movimento aleatório incessante.
- O tamanho de uma molécula é muito menor do que a distância média percorrida por elas entre duas colisões consecutivas. Sendo assim, o tamanho das moléculas é desprezível no estudo de seu movimento.
- Só há interação entre as moléculas quando entram em contato no momento da colisão entre elas. Essas colisões são sempre elásticas e não ocorrem frequentemente.

Ainda segundo os mesmos autores, outras suposições também são consideradas na teoria cinética. Uma delas é a de que o volume total das partículas de um certo gás é desprezível quando comparado ao volume total do recipiente fechado no qual se encontram. Sendo assim, caso todas as partículas de um gás se encontrassem unidas de modo a não apresentar espaço entre elas, ocupariam um volume muito menor do que aquele que o gás ocupa no recipiente.

O fato das partículas estarem em movimento aleatório implica em que adquiram disposições diferentes a cada instante, ou seja, suas posições no espaço mudam a cada momento e sempre estão desordenadas. Além disso, as moléculas também estão constantemente colidindo com as paredes do recipiente em que estão, fato responsável pela pressão que exercem sobre as paredes.

Em uma colisão elástica entre moléculas, a energia cinética de translação total permanece constante. O momento linear do sistema também não é alterado. Nesse tipo de colisão não há troca de massa entre as moléculas, que se separam logo após o choque.

Sendo assim, não há deformações nas partículas envolvidas, segundo Halliday e Resnick, (1991).

Portanto, uma colisão entre uma partícula que se desloque para a direita com uma componente de velocidade v_x (paralela ao eixo x) e a parede do recipiente, refletirá a primeira com uma componente de velocidade $-v_x$ para a esquerda, ou seja, uma componente de igual módulo e sentido contrário, conforme mostrado na figura 1.1.

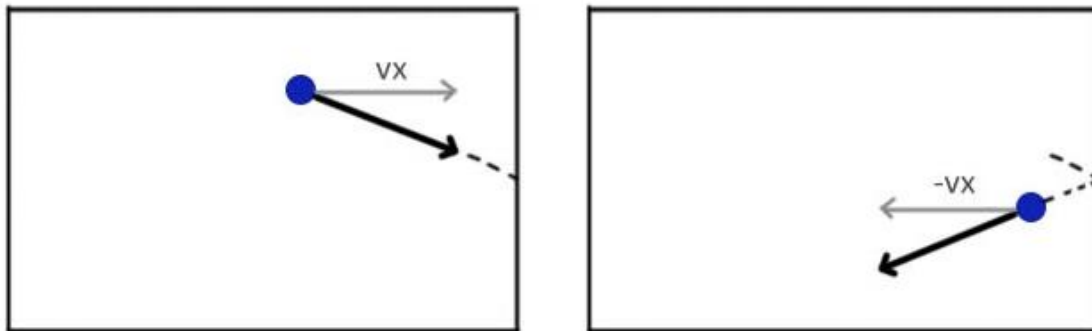


Figura 1.1 - Colisão entre partícula e parede do recipiente. No primeiro quadro ela se movimenta para a direita. No segundo quadro, após a colisão, passa a se movimentar para a esquerda com uma velocidade de igual módulo.

Fonte: Autor

Observamos que, embora a componente horizontal da velocidade inverta seu sentido na colisão mostrada na figura, a componente vertical da velocidade da molécula continua a mesma, ou seja, ela continua se movendo para baixo com a mesma componente de velocidade v_y (paralela ao eixo y).

O volume de cada molécula de um gás é muito pequeno comparado ao volume do recipiente que ocupam, que as colisões entre elas não são frequentes e que as forças exercidas pelas partículas, umas sobre as outras, são desprezíveis. Por esses motivos, os gases podem ser facilmente comprimidos.

No modelo cinético dos gases, a pressão e o volume que um gás ocupa podem ser relacionados pela seguinte expressão:

$$pV = \frac{1}{3} nMc^2 \quad (1)$$

Nela "M" representa a massa molar das partículas e "c" é velocidade média quadrática delas. Porém, nesse sistema, a energia cinética depende apenas da temperatura. Portanto, quando a temperatura for constante, a velocidade média das partículas também será constante e, conseqüentemente, o produto da pressão pelo volume (pV) será uma constante.

Isso remete à Lei de Boyle, que afirma que em um sistema fechado, o volume e a pressão de um certo gás confinado são inversamente proporcionais, desde que a temperatura permaneça constante. Por esse motivo, a expressão anterior é um dos resultados mais importantes do modelo cinético dos gases, de acordo com Atkins e Paula (2011).

Quanto maior a temperatura do sistema, maiores serão as velocidades das moléculas nele contidas. Mas, embora a velocidade média quadrática possa permanecer constante a uma dada temperatura, cada molécula individualmente pode possuir velocidades diferentes. Em outras palavras, num mesmo sistema há moléculas que se movimentam mais lentamente e outras mais rapidamente. Inclusive uma mesma molécula pode se deslocar com diferentes velocidades em diferentes momentos.

Isso ocorre porque as colisões entre as partículas em um gás redistribuem essas velocidades constantemente. Ou seja, é possível que uma certa molécula esteja se movimentando lentamente e então passe a se movimentar rapidamente após uma colisão. E então, mais tarde, uma segunda colisão a faça movimentar-se lentamente. James Clerk Maxwell, em 1860, deduziu a expressão que fornece a forma precisa da distribuição de velocidades entre as moléculas de um gás:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} v^2 e^{-Mv^2/2RT} \quad (2)$$

Através da função (2), podemos relacionar o número relativo de moléculas que se encontram em cada velocidade, considerando um sistema a uma certa temperatura. O resultado pode ser visto no gráfico a seguir (figura 1.2)

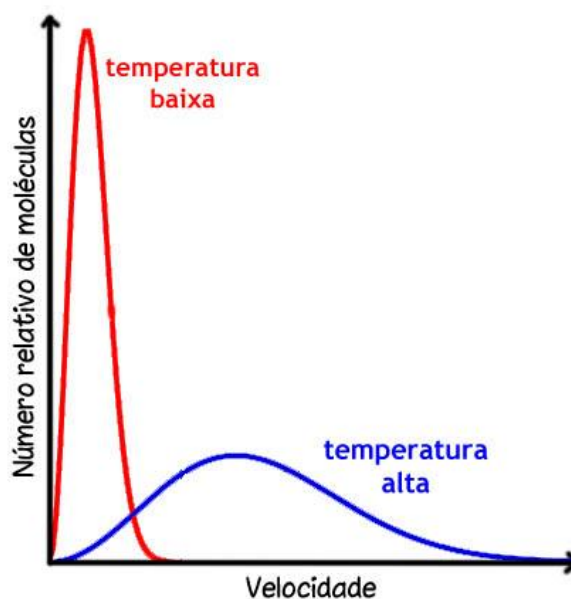


Figura 1.2 - Distribuição de velocidades das moléculas em função da temperatura.

Fonte: Adaptação feita a partir de Atkins e Paula (2011)

A curva vermelha no gráfico representa a distribuição de velocidade das moléculas quando a temperatura é baixa. Nesse caso, as velocidades de todas as moléculas são baixas e próximas entre si, consequentemente temos muitas moléculas com velocidades iguais.

A curva em azul representa o mesmo sistema em uma temperatura alta. Nesse caso, teremos partículas com velocidades baixas, médias e altas, o que confere à curva um aspecto mais alargado. Porém, a velocidade mais provável, que corresponde à velocidade no ponto mais alto da curva, é maior do que a velocidade mais provável na curva vermelha. É possível notar também que a quantidade de partículas com uma velocidade muito alta é sempre pequena.

CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS

Segundo Fiscarelli et al. (2010), muitos alunos têm dificuldades para compreender e assimilar conceitos abstratos, que são fundamentais em Cinética Química. Quando os estudantes não conseguem realizar essas abstrações, perdem o interesse no assunto e possivelmente nos conteúdos da disciplina.

O autor também aponta haver uma escassez de animações e simulações sobre alguns tópicos de Química disponíveis na Internet, que podem ser recursos facilitadores de aprendizagem, bem como despertar o interesse. Além disso, muitas delas se encontram apenas em inglês ou possuem limitações.

Santos e Tarouco (2007) reforçam que, apesar do grande número de mídias e recursos tecnológicos que podem ser usados hoje no ensino, muitos deles acabam confundindo, desestimulando ou dispersando a atenção, ao invés de agregar qualidade ao aprendizado. O desafio, portanto, é saber escolher ou construir os recursos adequados e utilizá-los corretamente.

Similar ao uso de animações no ensino, temos os jogos educativos, outro tipo de ferramenta interessante para facilitar o ensino (GEE, 2005b). Lima e Moita (2011) constataam que jogos digitais já fazem parte da vivência dos jovens e, em seu estudo, mostram que a maioria dos estudantes aprova o uso desse tipo de recurso num contexto de aprendizagem por se tratar de algo novo e estimulante.

A utilização do jogo digital, com fins didáticos, ficou diagnosticada como significativa para o processo de ensino e aprendizagem. No entanto, o uso desse recurso deve ser cuidadosamente planejado, para não se desviar do objetivo central. É preciso também salientar que os jogos digitais são apenas instrumentos, não mestres, ou seja, eles serão melhor utilizados se acompanhados por alguém que analise o jogo e o jogador, de modo diligente e crítico, sendo, pois, um complemento de apresentações formais, de leituras, discussões e conhecimentos. (LIMA e MOITA, 2011)

Tendo em mente a necessidade da educação em acompanhar o desenvolvimento tecnológico atual apontada por Santos e Tarouco (2007) e a escassez de jogos educativos especificamente sobre Cinética Química, pretendemos, neste trabalho,

investigar o processo de construção de jogos do gênero, tendo como base o “ensino através de analogias”.

Portanto, a questão de pesquisa que nos guiou foi: *“Qual o percurso envolvido no planejamento e desenvolvimento de um jogo didático voltado ao ensino de Cinética Química que use por base a aprendizagem por analogias?”*

Sendo assim, além buscar responder a essa pergunta, como objetivos desta dissertação, temos:

- Compreender como o ensino por analogias pode se relacionar com e auxiliar a construção e aplicação de um jogo didático.
- Construir e analisar o processo de produção de um jogo didático que possa facilitar o ensino de Cinética Química.

Fiscarelli et al. (2010) aponta que até mesmo universitários que passaram por processos de seleções concorridos encontram dificuldades no aprendizado de conceitos abstratos em grande parte dos cursos de Química do país. Por isso, tivemos como público alvo do jogo, estudantes de graduação, embora a aplicação também possa ser feita com estudantes do ensino médio, desde que com a mediação necessária do docente.

CAPÍTULO 3 - ANALOGIAS

Analogias fazem parte do nosso cotidiano. Com frequência, usamos tal recurso para comparar objetos ou explicar uma determinada situação com base em outra mais conhecida pela outra pessoa. Pois se elas podem ser úteis para explicar assuntos do cotidiano, talvez analogias também possam ser úteis para explicar assuntos dentro de sala de aula, mais especificamente, conceitos científicos (RAMOS, 2011).

Porém, antes de discutirmos as possíveis vantagens e desvantagens desse recurso linguístico, convém apresentarmos a definição do termo “analogia”. O Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (Priberam, 2014) apresenta três significados para esse termo:

1. Relação de semelhança entre objetos diferentes.
2. Investigação da causa das semelhanças.
3. Razão da formação das palavras.

O significado utilizado por nós neste trabalho é o primeiro apresentado pelo dicionário, que trata da relação de semelhança entre dois objetos diferentes, sejam eles concretos ou abstratos.

Além disso, iremos utilizar duas expressões para facilitar a referência a esses dois objetos de uma analogia: “conceito análogo” e “conceito alvo”. O conceito análogo se refere àquele objeto utilizado na analogia que geralmente é mais conhecido pelas pessoas e é apresentado de modo a auxiliar na explicação de algum outro conceito (conceito alvo) por possuir semelhanças com o último. Dessa maneira as analogias trabalhadas aqui dar-se-ão através das relações entre conceito análogo e conceito alvo, situação na qual o objetivo é explicar ou ensinar o conceito alvo. No caso específico deste trabalho, os conceitos alvo serão conceitos científicos relacionados à Química.

Ao usar analogias em sala de aula, é importante certificar-se de que existe uma relação clara entre o conceito análogo utilizado e o conceito alvo que se pretende ensinar. Essa relação pode ser explicitada em qualquer momento da fala, no começo, no meio ou ao final, o essencial é que as semelhanças presentes entre os conceitos fiquem claras para o ouvinte, e isso nem sempre acontece. Um exemplo interessante de analogia clara é descrito por Harrison e Coll (2008, p. 07)

A analogia foi feita por um professor de Ciências, durante uma aula em que ele explica os processos de evaporação e condensação em uma garrafa fechada. Nesta garrafa, moléculas de água estão constantemente escapando da superfície do líquido e indo para a fase gasosa. Outras moléculas fazem o caminho inverso. Porém, os alunos desse professor não conseguiram entender muito bem esse modelo e, por conta disso, o professor se utiliza de uma analogia, comparando o processo ao trânsito de carros em uma avenida.

Ele começa contextualizando o tema, lembrando aos alunos que a maioria deles já possui licença para dirigir carros e que, no trânsito, ruas menores se conectam com ruas ou avenidas maiores, desenhando as ruas na lousa para facilitar. Percebe-se assim, que o professor tomou o tempo necessário para fazer com que seus alunos imaginassem a situação (que por enquanto se resume apenas ao conceito análogo), pois se os alunos não o conseguissem, de nada adiantaria utilizar a analogia depois.

Então, o professor segue explicando que se seus alunos estivessem em uma das ruas secundárias e fossem entrar com seus carros na avenida principal, isso seria muito fácil durante a madrugada, período em que as ruas estão todas vazias. Porém, durante o horário de pico, a avenida principal estaria completamente cheia de carros e seus alunos teriam muito mais dificuldade para entrar nela. Para que um carro pudesse entrar na avenida, algum espaço teria que ser liberado. Ou seja, algum outro carro que estivesse na avenida deveria sair dela.

Depois de imaginar essa situação, o professor então faz a comparação com a superfície de um líquido em uma garrafa fechada. Ele explica que as moléculas no líquido e no ar em contato com o líquido se comportam como os carros: inicialmente elas migram do líquido (rua secundária) até o ar (avenida principal), pois essa última ainda não está saturada, não está cheia. Porém há um momento em que já existem muitas moléculas de água no ar. Então, para que uma nova molécula do líquido migre para a fase gasosa, uma outra molécula que esteja na fase gasosa deve retornar à fase líquida. Com isso, ocorre o equilíbrio entre essas duas fases.

O ideal não é apenas fazer uma comparação solta, mas sim uma analogia clara onde os pontos em comum entre o conceito análogo e o conceito alvo estejam explicitados. No caso anterior, o professor contou uma história de maneira interessante e interagindo com seus alunos através de perguntas sobre o trânsito. Isso é uma vantagem,

pois acaba atraindo a atenção dos estudantes, algo que nem sempre acontece quando estamos explicando algum conceito teórico complicado ou desimportante aos olhos do estudante.

Harrison e Coll (2008) classificam as relações entre conceito análogo e conceito alvo em uma analogia em três tipos: positivas, negativas e neutras. As relações positivas são aquelas onde os dois conceitos possuem atributos em comum. Obviamente, são essas que devem ser enfocadas pelos educadores.

As relações negativas são aquelas em que os dois conceitos apresentam atributos diferentes. É possível trabalhar com relações assim em uma analogia, caso a intenção seja explicar como as coisas “não são”. Porém tais analogias podem ser confusas para os alunos, e portanto uma analogia baseada em relações positivas é mais simples e eficaz.

As relações neutras são aquelas em que não fica claro se o conceito análogo é semelhante ou não com o conceito alvo, ou seja, não se entende a conexão entre os dois. Muitas vezes acontece de alguns determinados aspectos de um conceito usado como análogo simplesmente não ter relação relevante com o conceito alvo. É natural que isso aconteça em analogias, já que nelas estamos tratando de objetos semelhantes porém não idênticos. O importante é que esses aspectos não sejam enfocados desnecessariamente.

3.1 Utilização de analogias em Ciências

Algumas vezes uma analogia é tudo o que um cientista possui para tentar explicar um determinado fenômeno, como exemplifica Harrison e Coll (2008, p.11). É sabido que raios de luz mudam de direção quando passam de um meio para outro. Por exemplo, quando um raio de luz passa do ar e penetra na água, esse raio refratado sofre uma alteração em sua direção que o deixa mais próximo da reta normal como mostrado na figura 2.1 a seguir.

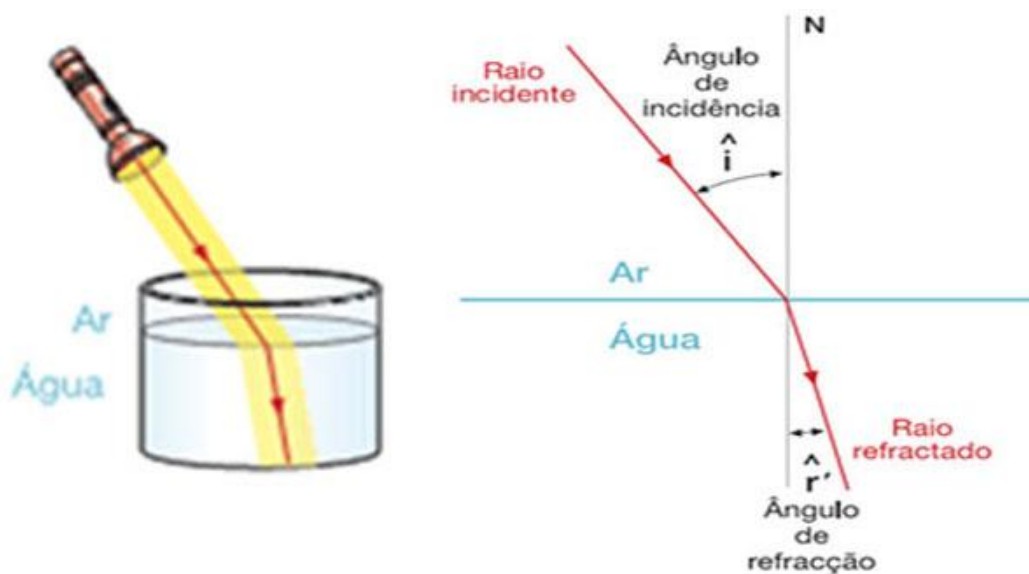


Figura 3.1 - Luz sendo refratada do ar para a água.

Fonte: Livro *FQ8 - Sustentabilidade na Terra*, de Cavaleiro e Beleza, 2009

Isso faz com que enxerguemos imagens distorcidas de objetos que estão debaixo da água ou que uma piscina aparente ser menos profunda do que realmente é, por exemplo. Mas por que esse desvio da luz ocorre? Harrison e Coll (2008) relatam uma explicação de base analógica: “ondas” de luz se curvam e mudam de direção pelo mesmo motivo que ondas de água o fazem. A luz muda de direção porque ela diminui sua velocidade quando passa do ar para a água, e aumenta sua velocidade no caso contrário.

Esse exemplo ilustra a importância das analogias no pensamento científico quando lidamos com fenômenos ainda pouco conhecidos. Embora nem sempre lembradas, analogias têm auxiliado cientistas em seus trabalhos de várias formas. Para desenvolver suas noções de movimento planetário, Johannes Kepler foi auxiliado pelo funcionamento dos relógios. Watson e Crick também usaram modelos analógicos para chegar à estrutura em dupla hélice do DNA. Kekulé se inspirou na analogia de uma cobra mordendo sua própria cauda para sugerir a estrutura molecular do benzeno. Robert Boyle imaginou partículas de gás como sendo molas. O pensamento analógico em Física auxiliou na descoberta dos mésons, a partir de considerações teóricas de Hideki Yukawa, em 1934. Robert Oppenheimer defende que a maioria dos avanços na Ciência fizeram uso de analogias como ferramentas de pensamento e modelagem.

3.2 Analogias no ensino

Como visto na seção anterior, analogias possuem importância no campo científico. Isso nos leva a concluir que elas também podem ser úteis na Educação em Ciências. E, de fato, são muito utilizadas no cotidiano de uma sala de aula ou mesmo nos livros educativos.

Feynman (2011), por exemplo, se utiliza de várias analogias ao longo de suas explicações, algumas das quais são destacadas a seguir:

- *Paramécias são como pequenas coisas com forma de bola de futebol americano nadando de um lado para o outro.*
- *As moléculas na água estão se movendo como uma multidão em um jogo de futebol americano vista a partir de uma distância muito grande.*
- *Se uma maçã fosse aumentada até o tamanho do planeta Terra, os átomos da maçã teriam aproximadamente o tamanho da maçã original.*
- *Um átomo colidindo com um pistão em movimento dentro de um cilindro é como uma bola de tênis de mesa colidindo com um remo em movimento.*
- *Movimento browniano é como um jogo de pushball, onde muitas pessoas empurram uma esfera grande.*

Hawking (1988) também se utiliza de várias analogias em seu livro paradigmático para explicar Astronomia, as quais citamos algumas:

- *O Universo em expansão é como uma bexiga com pontos pintados em sua superfície sendo preenchida com ar.*
- *Nós poderíamos capturar um buraco negro atraindo-o com uma grande massa na frente dele, como uma cenoura na frente de um burro.*

Analogias como essas, apesar de algumas vezes parecerem demasiadamente informais, ajudam leigos a entenderem um determinado conceito novo a partir de uma outra ideia conhecida por eles.

Uma das vantagens de se ensinar usando analogias como ferramenta didática, é a de facilitar que os alunos expressem suas ideias. Por exemplo, ao incentivar os alunos para que construam suas próprias analogias a respeito de um tema, eles poderão se

sentir mais à vontade para manifestar suas concepções dessa maneira do que se estivessem tentando explicar o tema de modo preciso e com medo de errar.

Entretanto, como já mencionado anteriormente, um dos cuidados essenciais ao se trabalhar com analogias é certificar-se de que os alunos tenham claro quais são os atributos semelhantes entre os conceitos análogo e alvo e quais são os atributos diferentes, que não fazem parte da analogia. Se, por acaso, os atributos diferentes forem tratados como sendo válidos, a construção do conceito alvo (na mente do aluno) será distorcida e prejudicada, criando concepções indesejadas a respeito do tema em questão.

Segundo Harrison e Coll (2008), analogias no ensino podem beneficiar uma aprendizagem por um caminho construtivista, estando relacionado também à mudança conceitual. Nas últimas décadas, o ensino por meio de analogias vem sendo interpretado e relacionado ao construtivismo através das teorias de Piaget, Vygotsky e Ausubel, embora a maioria desses estudos não explicita e desenvolva essa relação.

As préconcepções dos estudantes são surpreendentemente fortes em suas mentes, ou seja, muitas vezes eles mantêm seus próprios conceitos a respeito de um determinado assunto mesmo quando são apresentadas evidências científicas demonstrando que suas noções estavam incorretas, conforme Ausubel (1968). Trata-se de um fato até mesmo compreensível quando levamos em consideração que esses alunos podem ser jovens que conviveram com suas préconcepções intocadas por muitos anos e que ainda não estão acostumados a pensar de maneira científica. Nessas ocasiões, o estudante pode tomar duas posturas. A primeira é temporariamente aceitar o conceito científico, apenas enquanto ele está sendo estudado na escola e logo após ignorar tal conceito, voltando à sua préconcepção inicial. A segunda postura é criar uma linha de raciocínio paralelo para tentar acomodar o novo conceito científico, mantendo assim também suas próprias concepções (que podem estar incorretas) para serem usadas em outros contextos.

Porém, por outro lado, essa força com que uma préconcepção está enraizada na mente de um aluno também sugere que, se for de fato aprendido e aceito, um “novo conceito” poderá ser estável e duradouro para o educando. É nessa etapa que o uso de analogias pode funcionar como uma ponte, partindo de uma concepção sem base científica, que o aluno conhece bem e aceita, até finalmente chegar ao conceito científico. Uma vez que o estudante identifique semelhanças entre os dois, o novo conceito parecerá mais natural por estar em concordância com aquilo que ele já conhece.

Assim, percebemos que o aprendizado por meio de analogias é útil numa proposta construtivista de ensino-aprendizagem. É o aluno quem deve perceber e entender as relações de semelhança presentes na analogia.

O professor que utiliza uma analogia deve ter antes em mente todas essas relações que podem surgir. É possível também que os alunos façam suas próprias analogias, e isso pode ser uma efetiva atividade para que desenvolvam a imaginação, o raciocínio e que entendam um determinado conceito teórico articulando suas próprias relações.

No entanto, é possível, e até provável, que os alunos pensem em analogias inadequadas, em que as relações de semelhança não estão claras nem mesmo para eles, ou em que as relações de semelhança estejam incorretas. Portanto, é importante que o educador esteja atento e que os alunos sejam encorajados a explicar suas próprias analogias, argumentando sobre quais os motivos que os levaram até elas.

Convém lembrar que uma analogia imperfeita é diferente de uma analogia negativa. Essa última acontece quando o conceito usado para se construir a analogia simplesmente não apresenta relações de semelhança com o conceito alvo, ou seja, a analogia não se aplica. Já a analogia imperfeita é aquela em que os conceitos apresentam alguns aspectos semelhantes relevantes, mas não todos. Por isso Aubussun e Fogwill (2006) defendem que analogias imperfeitas são ótimos instrumentos de aprendizagem, pois elas podem fazer com que as dificuldades dos alunos e os problemas das analogias apareçam, e assim seja possível pensar melhor sobre o que está sendo discutido e até mesmo aprimorar ou criar melhores analogias. De qualquer forma, nenhuma analogia representará um conceito perfeitamente, afinal, por mais semelhanças que possam ter, os dois conceitos utilizados em uma analogia nunca são idênticos.

Mas ao usar uma analogia com os alunos, como certificar-se de que eles entenderam as relações de semelhança e que alcançaram o entendimento do conceito alvo? Neste caso cabe alguma forma de avaliação pelo professor, pois mesmo que a analogia tenha sido muito bem empregada, não há garantias de que todos tenham entendido. Cada aluno possui diferentes conceitos prévios na mente e, portanto, entenderá a analogia de diferentes formas, com diferentes níveis de clareza. Alguns alunos podem elaborar significados de forma totalmente diferente em relação ao que o professor teve a intenção de explicar.

Por isso alguns professores optam por evitar o uso de analogias em suas aulas, temendo que os conceitos sejam mal interpretados. O que acontece é que os mesmos professores geralmente preferem o uso de modelos, os quais creem que representam melhor a realidade. Porém, em Ciências, isso pode ser contraditório. Modelos também são analogias em sua essência. Por exemplo, quando descrevemos átomos por meio de desenhos e falando de suas diferentes partes, não podemos afirmar que aquele desenho corresponde à realidade. Ou, quando representamos ligações químicas entre dois átomos com uma linha entre os dois, ou um palito entre duas esferas, esses modelos também são analogias e podem gerar os mesmos problemas conceituais na aprendizagem dos alunos caso não sejam utilizados com todos os cuidados que se deve tomar ao se usar uma analogia. Muitos são os casos de alunos que creem que átomos são sólidos maciços, por exemplo.

Tanto as analogias como os modelos mais clássicos, nenhum dos dois pode representar perfeitamente um determinado conceito científico, principalmente quando se trata de objetos em níveis moleculares (como é o caso dos assuntos tratados em cinética de gases). E ambos dependem da capacidade de imaginação para que sejam inteligíveis. Foi com isso em mente que foi elaborado o jogo apresentado nesse trabalho (descrito no capítulo 5), que, assim como qualquer realidade virtual, é em sua essência feito de analogias.

No que diz respeito aos possíveis tipos de analogias, comentamos sobre aquelas baseadas em relações positivas, negativas e neutras no início deste capítulo. Uma outra forma de classificá-las é segundo a clareza e quantidade de relações positivas que apresentam, e nesse sentido vamos elencar basicamente três tipos: simples, desenvolvida e ampliada. Esses termos foram pensados por nós, com base nos termos da língua inglesa “*simple*”, “*enriched*” e “*extended*” apresentados por Harrison e Coll (2008).

As analogias simples são aquelas em que não fica claro em que sentido o conceito análogo e o conceito alvo se relacionam. Por exemplo, “*moléculas de gases são como bolas de borrachas*” seria uma analogia simples. No caso desse exemplo, não ficou claro em que aspecto uma molécula é igual a uma bola de borracha. Obviamente, analogias simples dão margem para o mau entendimento do aluno, pois diante delas ele relacionará o conceito alvo com o análogo das mais diversas maneiras, e nem sempre

será a relação almejada pelo educador. No nosso exemplo, o educando poderia pensar que moléculas são esferas maciças e feitas de borracha, criando assim uma concepção incorreta sobre moléculas. Tal categoria de analogia talvez possa ser utilizada em situações específicas no ensino desde que os alunos já estejam familiarizados com os dois conceitos, evitando assim mal entendidos. Em todo caso, pelo menos ao se introduzir um novo conceito científico, deve-se tomar o cuidado de não usar analogias simples.

A analogia desenvolvida é aquela em que a relação entre conceitos alvo e análogo é explicitada. Por exemplo, *“moléculas de gases são como bolas de borracha porque elas sofrem colisões elásticas ao se chocarem com outras moléculas ou com a parede do recipiente”* já seria uma analogia desenvolvida. Aqui fica claro em que aspecto uma molécula se parece com uma bola de borracha.

Deixar essa relação clara é importante porque, além de evitar o surgimento de concepções indesejadas sobre o tema, essa explicação também define se estamos lidando com uma analogia entre estruturas, funções, comportamentos, etc... No caso do nosso último exemplo, fica explícito que a relação positiva entre os conceitos está na forma como ambas, molécula e bola de borracha, se comportam ao colidir com algo. Ou seja, não se trata, por exemplo, de uma comparação entre as estruturas e formatos. Aliás, uma analogia desenvolvida pode explicar também uma relação negativa, o que é particularmente útil quando o educador quer se certificar que o educando não construa uma concepção incorreta. Por exemplo: *“moléculas de gases são como bolas de borracha. Não porque as moléculas tenham formato esférico. Mas sim porque sofrem colisões elásticas ao se chocarem com outras moléculas ou com a parede do recipiente”*.

Analogia ampliada, como o próprio nome sugere, é a analogia onde os conceitos alvo e análogo compartilham múltiplas relações positivas, ou seja, possuem vários atributos semelhantes. Esse tipo de recurso requer uma atenção ainda maior de quem está apresentando a analogia, pois vários pontos diferentes da analogia serão estudados. Um exemplo seria a analogia que usa o jogo elaborado nesse trabalho como conceito análogo e o comportamento de partículas de gases como conceito alvo, pois esses dois conceitos compartilham várias relações positivas (conforme discutimos no capítulo 5.4).

CAPÍTULO 4 - JOGOS DIGITAIS

4.1 Jogos digitais como analogias

Todo jogo eletrônico em si, educativo ou não, pode ser encarado como sendo uma analogia. Geralmente uma analogia entre a realidade virtual e o mundo real. Por exemplo, em um jogo que simule partidas de futebol, teremos uma imagem de uma bola de futebol com a qual o jogador vai interagir, mas aquela bola não é real, é apenas um gráfico criado para representar uma bola de futebol de verdade. O mesmo pode ser dito a respeito da maioria dos elementos do jogo como, por exemplo, os jogadores e o gramado. E o mesmo acontece em outros tipos de jogo como, por exemplo, jogos que simulem casas, cidades ou animais.



Figuras 4.1 e 4.2 - Exemplos de jogos que simulam conceitos reais. À esquerda, International Super Star Soccer 64 simula uma partida de futebol e, à direita, Age of Empires II simula o desenvolvimento de uma civilização.

Fonte: <http://www.ign.com>

Alguns jogos eletrônicos, principalmente os mais recentes em três dimensões, representam objetos da vida real de uma forma muito fiel e por isso são praticamente uma analogia declarada. Ou seja, torna-se óbvio para o jogador qual objeto da vida real está sendo representado ali. No entanto, mesmo em jogos eletrônicos mais elaborados, essas analogias não são perfeitas e também podem possuir relações negativas de semelhança. Afinal, a intenção dos criadores do jogo nem sempre é criar algo que simule perfeitamente a realidade. Para tornar o jogo mais atrativo, muitas vezes são introduzidos elementos ou comportamentos fictícios.

Diferentemente de outros recursos didáticos, como textos e livros, jogos apresentam elementos que possibilitam a interatividade com os seus usuários. Essa é uma das grandes vantagens do jogo como recurso didático: a interatividade e a diversão que podem oferecer. Claro que o simples fato de ser um jogo não garante que ele será divertido e interessante. Isso dependerá da maneira como foi construído e também do perfil do jogador. Algumas pessoas simplesmente não se interessam por jogos eletrônicos, no entanto eles não deixam de se apresentar como uma boa possibilidade no caso daquelas que gostam ou que pelo menos se mostrem curiosas em relação ao tema.

Uma vez que jogos podem funcionar como analogias, torna-se evidente que eles podem ser explorados como tal, sobretudo no campo do ensino. Ao se construir um jogo eletrônico portanto, temos a possibilidade de construir uma analogia da maneira que gostaríamos, ou seja, no nosso caso, de modo a facilitar o seu uso em um processo de ensino-aprendizagem de Ciências. É isso que buscamos fazer no decorrer deste trabalho. Assim, as analogias que gostaríamos que fossem representadas no jogo serviram como base para sua construção.

Todavia, mesmo um jogo educativo, por si só, não é suficiente para desenvolver e trabalhar as analogias, apesar de contemplá-las. Por isso, no jogo construído neste trabalho, a atuação do professor em uma possível aplicação é essencial. Junto com os educandos, o educador poderá trabalhar as relações de semelhança entre os conceitos-análogos (jogo) e os conceitos-alvo (teoria) e se certificar de que a analogia seja interpretada de maneira ideal, apontando inclusive suas limitações.

Uma das vantagens da possibilidade de se construir um conceito análogo (jogo), é que podemos criar inclusive uma analogia ampliada. Para explicar cinética química, por exemplo, não existem muitas analogias ampliadas disponíveis que possamos utilizar. Dentre as concepções dos alunos, é provável que possamos encontrar algumas que funcionem como conceitos análogos em uma analogia desenvolvida. Porém, para que tenhamos uma analogia ampliada, são necessárias várias relações de semelhança entre os conceitos análogo e alvo, e um conceito análogo deste tipo dificilmente fará parte das concepções do aluno. Mas, ao expor esse aluno a um jogo, esse último passará a fazer parte de seu acervo mental, possibilitando que o aluno posteriormente use o jogo como base de comparação ao conhecer uma nova teoria. Esse foi o desafio que nos motivou a elaborar este trabalho.

4.2 Relações entre jogos digitais e ensino

Foi apenas na década de 80 que os consoles de videogame e os computadores começaram a se tornar mais populares, por isso o uso de videogames como um instrumento de ensino é um assunto relativamente novo para ser definitivamente vinculado a uma linha teórica de pesquisa na área de educação. Porém, é possível observar características do behaviorismo e do construtivismo em alguns jogos conforme o exposto por Bogost (2010).

Segundo esse autor, uma das óticas que podemos utilizar para analisar um jogo é aquela que trata o mundo de forma empírica, com conceitos científicos singulares e que podem ser aprendidos. É verdade que jogos não reproduzem o mundo real inteiro, porém eles podem ser vistos como reproduções de pequenas partes do mundo real, que simulam fenômenos reais. Uma vez que a jogabilidade desses games leva a determinados padrões de comportamento, por meio de repetição e estímulos, segundo Bogost, jogá-los teria o mesmo efeito de aprender no mundo real.

Porém existe hoje uma infinidade de videogames que abordam variados assuntos de diferentes formas. Se um jogo estimula comportamentos e ações que são alvo do educador, então aquele jogo pode servir como instrumento de ensino. Por outro lado, o contrário pode acontecer: há jogos em que comportamentos indesejáveis são estimulados. Atualmente existem jogos muito complexos, especialmente os comerciais, nos quais são apresentadas diferentes situações. Neste último caso, o que geralmente acontece é que temos jogos em que algumas das ações estimuladas são desejadas e outras não, tornando então o papel do orientador essencial para o uso desse tipo de instrumento na educação.

Bogost (2010) cita alguns exemplos para ilustrar essa ideia. Um deles é a série de jogos *Microsoft Flight Simulator* (figura 4.3) que trata sobre a experiência de pilotar aeronaves. Neles, diferentes condições atmosféricas e painéis de comando de aviões são simulados para que o jogador tenha uma experiência próxima à de um piloto no comando de uma aeronave. Considerando que o jogo transmite seu conteúdo para o jogador, poderíamos concluir que o *Flight Simulator* ensina alguns conceitos sobre aviação.

Outro exemplo é o jogo *SimCity* (figura 4.4), em que a missão do usuário é fundar e desenvolver uma cidade. Esse jogo simula um ambiente onde o jogador deve gerenciar os recursos da cidade, planejar seu crescimento, delimitar áreas residenciais e comerciais, decidir onde construir usinas, etc. Pode-se dizer, portanto, que nele se aprende alguns conceitos básicos sobre administração de uma cidade.



Figuras 4.3 e 4.4 - Microsoft Flight Simulator (esquerda) e SimCity 4 (direita).

Ambos apresentam conceitos de aviação e administração, respectivamente.

Fonte: <http://www.ign.com>

Porém, seguindo a mesma lógica, há jogos que ensinam ações que deveriam ser negativamente estimuladas. Ou seja, jogos que estimulam comportamentos tidos como indesejados ou inapropriados pela sociedade. Existem vários exemplos que se encaixariam nesse caso, um deles é a série *Golden Axe* lançada pela empresa Sega em 1989. Essa série se passa em um universo medieval, onde jogador controla personagens que, em busca de justiça e vingança, empunham espadas e machados para derrotar um exército de inimigos que estão sob o comando de um ditador maligno. Assim como nos exemplos anteriores, utilizando a mesma ótica, poderíamos dizer que quem joga *Golden Axe* é estimulado a se vingar de seus inimigos de maneira violenta, comportamento este que não deveria ser encorajado.

Essa maneira de pensar a aprendizagem através de jogos faz com que a indústria de videogames receba diversas críticas. Determinadas séries foram inclusive acusadas de influenciar negativamente crianças e jovens. Tais críticas geralmente são destinadas a casos mais polêmicos como, por exemplo, *Grand Theft Auto* e *Man Hunt*, ambas publicadas pela empresa Rockstar Games. Nos jogos da primeira o usuário controla um personagem que pode cometer diversos tipos de crimes, incluindo roubos e assassinatos. Nos jogos da segunda, o jogador controla um paciente de uma clínica para pessoas com

transtornos mentais que deve matar para conseguir fugir, mortes geralmente acompanhadas por uma dose extra de violência.



Figura 4.5 - Cena de Grand Theft Auto 4. Nela o personagem principal atira contra civis.
Fonte: <http://www.gta4.net>

Greenwood (2010) adverte a respeito desse tema. Por um lado jogos podem colaborar com a formação de crianças facilitando a autoexpressão, a dramatização, liderança e interações sociais positivas. Mas, por outro lado, jogos como *Grand Theft Auto*, poderiam dessensibilizar seus jogadores ao tratar temas violentos de forma banal, aumentando a hostilidade e a indiferença, além de poder influenciar diferentes formas de preconceitos ao mostrar, por exemplo, cenas onde há sexismo. Considerando-se que grande parte das crianças e jovens (especialmente os meninos) se interessam por jogos maduros, a autora faz um alerta aos pais sobre como isso poderia influenciar os filhos.

Greenemeier (2014) também afirma que, até o momento, a Ciência indica que o conteúdo violento transmitido por diferentes mídias, incluindo jogos, influenciam o comportamento de crianças de uma forma negativa. Porém no mesmo texto também cita um argumento da visão oposta: apesar dos jogos estarem cada vez mais violentos, crimes violentos entre jovens não têm crescido. Seria então difícil estabelecer uma relação entre essas mídias e as ações de uma pessoa.

De qualquer maneira, a comercialização de alguns jogos mais agressivos foi proibida em alguns países. No Brasil, por exemplo, em 2008 os jogos *Counter-Strike* da empresa Valve Software e *Everquest* da Sony Online Entertainment foram proibidos sob a justificativa de causarem danos à saúde do consumidor, segundo reportagem do

portal de notícias G1¹ do mesmo ano. Um ano mais tarde, a venda de *Counter-Strike* foi liberada novamente. O fato é que jogos violentos são proibidos e censurados de outras formas porque acredita-se que possam prejudicar a sociedade, embora essas ações sejam criticadas por aqueles que defendem que ainda não podemos afirmar com certeza que existe uma relação negativa ou por aqueles que defendem que essa censura deveria ser gerenciada pelos pais, e não pelo governo, como é o caso do escritor Stephen King, que criticou a ideia de proibir por lei a venda de determinados jogos para menores de idade.

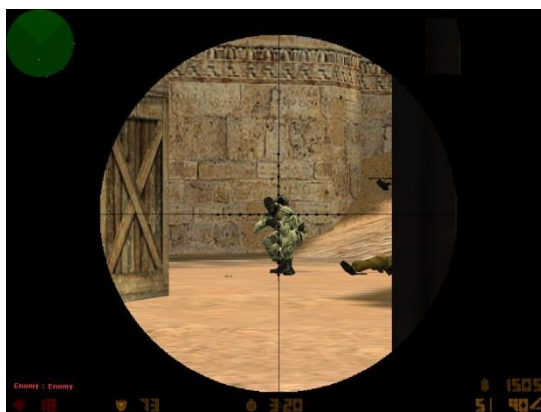


Figura 4.6 - Cena de Counter-Strike. O jogo de ação chegou a ser proibido no Brasil. Nessa cena o jogador mira em seu inimigo com um rifle.

Fonte: <http://store.steampowered.com>

Seguindo essa lógica, quando tratamos sobre jogos, é comum temer que "as coisas certas sejam ensinadas para as pessoas erradas", como diz Bogost (2010). O autor inclusive cita um acontecimento extremo relativo a essa preocupação: em 2004, uma cliente perguntou em uma loja dos Estados Unidos sobre o jogo *Flight Simulator* para o seu filho de dez anos. O atendente ficou tão alarmado com a ideia de uma criança de dez anos aprendendo a pilotar aviões que chamou a polícia. Há de se considerar também que parte desse temor provavelmente foi influenciado pelo episódio de 11 de setembro de 2001, quando aviões derrubaram as Torres Gêmeas, edifício situado no coração da cidade de Nova York. Porém, se um jogo pode ensinar coisas indesejadas para as pessoas erradas, então o mesmo deve se aplicar a outras mídias, como é o caso de filmes e programas de televisão violentos.

¹ *Justiça proíbe games 'Counter-Strike' e 'Everquest' no Brasil* – Reportagem de 18 de jan. de 2008 do portal de notícias G1, disponível online em <http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia>

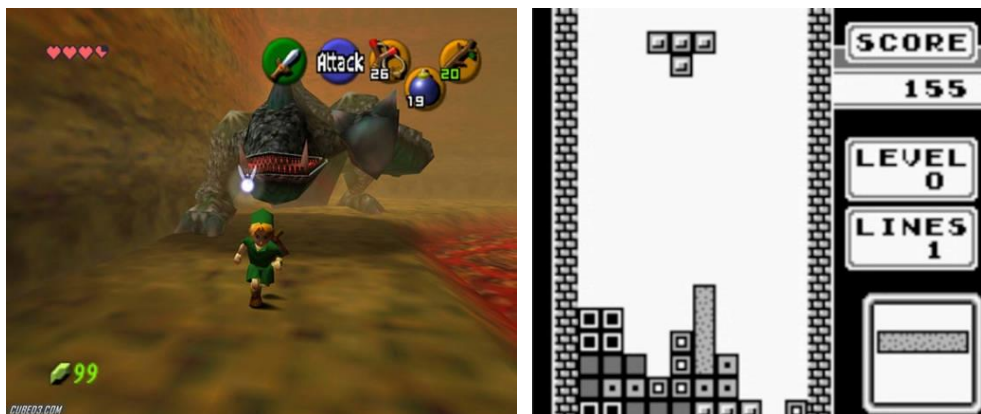
Essa visão implica que mídias que estimulam ações consideradas negativas sempre serão prejudiciais, nunca benéficos. Porém há de se considerar que mesmo jogos que de um modo geral mostram comportamentos indesejados pela sociedade, também podem apresentar comportamentos positivos, principalmente quando tratamos de jogos mais complexos e amplos. Mais importante que isso, é o fato que o jogador pode fazer o papel de um criminoso ou de uma pessoa bondosa, mas ele não necessariamente irá reproduzir a mesma conduta fora do ambiente virtual. Muito depende da maneira como o jogador encara e interpreta aquilo que ele joga e do contexto individual das pessoas (BOGOST, 2010). Por isso, no caso de crianças e adolescentes que jogam, é importante que tenham acompanhamento de educadores e responsáveis que possam ajudá-los a selecionar adequadamente essas mídias e, se estão em contato com mídias que apresentam violência, possam ajudá-los a interpretá-las da melhor maneira possível, e não simplesmente reproduzir aquilo que veem.

O fato é que alguns jogos têm como objetivo uma simulação mais fiel à realidade. No entanto, em outros o mesmo não ocorre, pois apresentam um universo virtual fictício, onde fenômenos impossíveis ocorrem. Esse tipo de caso não é incomum porque muitos jogos são produzidos sem nenhuma intenção de serem usados como objetos educacionais, e por isso não existe a preocupação em simular algo fielmente, sendo então introduzidos elementos de fantasia que servem para atrair o interesse dos consumidores. Isto, porém, não significa que jogos baseados em conceitos fictícios não podem ensinar algo a seus usuários. E esse algo inclusive pode ser algo útil. Jogos desse podem, por exemplo, ajudar no aprendizado de um idioma diferente (assim como qualquer jogo que seja apresentado em um idioma que está sendo estudado pelo jogador).

Um exemplo de jogo eletrônico que se passa em um universo totalmente fictício e ainda assim tem algo a ensinar é o *The Legend of Zelda: Ocarina of Time* lançado em 1998 para o console Nintendo 64 (figura 4.7). Assim como em outros jogos da série *The Legend of Zelda*, ele se passa em um ambiente diferente do real, com criaturas, monstros e comunidades fictícias. No entanto, os labirintos em *Ocarina of Time* apresentam enigmas e situações que obrigam o jogador a pensar para encontrar as soluções. Diversas situações, como por exemplo, batalhas contra diferentes tipos de inimigos, exigem que o jogador crie estratégias diferentes para superar cada uma. A interpretação de texto também é algo crucial, pois só é possível avançar usando

informações obtidas em diálogos com personagens não jogáveis (NPCs) dentro do jogo. Ora, se habilidades como desenvolvimento de estratégias para resolver problemas e interpretação de texto são trabalhadas em um jogo, então é claro que ele pode contribuir para o aprendizado de alguma forma, mesmo se passando em um universo que não representa o mundo real.

Outro exemplo é o jogo *Tetris* (figura 4.8), cuja primeira versão foi criada em 1984. As versões clássicas do jogo não apresentam nenhum tipo de universo particular, tudo o que apresentam é uma área retangular onde o jogador deve empilhar peças que sempre são formadas por quatro quadrados. Mas isso não é obstáculo para o potencial do jogo no campo do aprendizado, pois sua jogabilidade oferece uma oportunidade para o jogador gerar e planejar hipóteses, desenvolvendo estratégias e contribuindo para a flexibilidade cognitiva e criatividade segundo Antônio e Kobayashi (2009).



Figuras 4.7 e 4.8 - Cena de The Legend of Zelda: Ocarina of Time e cena da versão para Game Boy do jogo Tetris, que o tornou popular.

Fonte: <http://www.cubed3.com>

Diversos outros jogos, como por exemplo *Left 4 Dead 2* (figura 4.9) e algumas versões da série *Super Mario* da Nintendo, apresentam tarefas que podem ser feitas de maneira cooperativa por dois ou mais jogadores. *Left 4 Dead 2* é um jogo de tiro em primeira pessoa (conhecidos como First Person Shooters, ou FPS) onde o jogador faz parte de um grupo de quatro pessoas que precisa sobreviver em cidades tomadas por zumbis que tentam lhes matar. Jogado com conexão à Internet, cada um dos quatro personagens do grupo pode ser controlado por um diferente jogador. O trabalho em equipe é essencial para a sobrevivência do grupo todo. Quando um membro não

consegue se levantar ou é atacado por determinados zumbis, apenas os outros membros do grupo podem ajudá-lo, escolhendo as melhores estratégias para que tenham sucesso. Esse é um bom exemplo para mostrar que por mais que o contexto geral não se aplique ao nosso mundo onde zumbis não existem, ainda assim o jogo pode contribuir de alguma forma no aprendizado de seus usuários.

Seguindo uma visão mais superficial, *Left 4 Dead 2* não teria muito a oferecer além de ensinar pessoas a atirar contra zumbis, mas uma outra interpretação menos restrita, mostra que esse jogo não ensina apenas isso, mas também pode ensinar outras coisas às pessoas. No caso, o jogador pode aprender o valor do trabalho em equipe e como organizá-lo.



Figura 4.9 - Cena de Left 4 Dead 2. Nela um jogador ajuda o outro a se levantar enquanto um terceiro lhes dá cobertura.

Fonte: <http://www.ign.com>

Essa outra forma de ver o que os jogos têm a oferecer em relação ao aprendizado que discutimos nos exemplos anteriores é o olhar construtivista. Segundo Bogost (2010), a perspectiva construtivista interpreta que jogos digitais ensinam princípios abstratos que servem para a resolução de problemas genéricos e contribuem no aprendizado. Resgatando o caso de *Microsoft Flight Simulator*, ele pode ser visto como uma mídia que ensina conhecimento profissional utilizando o conceito de "performance antes da competência", como diz o autor. Ou seja, o jogador é colocado em contato com a simulação de pilotar uma aeronave antes mesmo de aprender qualquer coisa sobre aviação. Esse jogo, portanto, incentiva o seu usuário a explorar determinado campo do conhecimento e tomar ações livremente, sem medo de ainda não ter as competências necessárias para uma performance perfeita, além de catalisar o interesse por aviação.

Sim City, por sua vez, além de poder catalisar o interesse por administração, também pode ser instrumento de aprendizagem na perspectiva construtivista ensinando aos jogadores sobre a complexidade de um sistema, no caso representado pela simulação da cidade. Outros jogos, como *Okami* - um jogo de aventura desenvolvido pela Clover Studio (figura 4.10) - ou *Ocarina of Time*, apresentam em seus cursos problemas a serem resolvidos pelo jogador. Esses problemas surgem em uma dificuldade crescente, de modo que os últimos problemas exigem que seja aplicado tudo aquilo que o jogador aprendeu ao resolver os primeiros. Esse formato, que segundo Gee (2005b) é um dos princípios baseados na ciência cognitiva e tornam um jogo interessante, faz com que habilidades sejam transformadas em estratégias. Nesses jogos, o personagem nunca chegará muito longe a menos que ele realmente tenha aprendido como aplicar os recursos que dispõe. Essa perspectiva indica a habilidade dos jogos digitais de despertar o que Bogost (2008) chama de "habilidades de raciocínio de ordem superior".

Jogos de estratégia em tempo real, como *Age of Empires* e o *Rise of Nations*, estimulam o jogador a pensar no conjunto de informações e em um fenômeno como um todo, e não apenas em fatos ou eventos isolados. Esses jogos ajudam a perceber como cada informação recebida está conectada a outras no contexto do jogo, e estas estão conectadas a tudo aquilo que o jogador está aprendendo e fazendo. É possível então enxergar o jogo como um sistema (GEE, 2005b).

Além disso, independentemente do tipo de perspectiva sob a qual são analisados, alguns jogos podem ensinar por meio dos enredos que apresentam. No caso de *Okami*, alguns elementos da mitologia e cultura japonesa estão presentes. No caso de *Star Ocean: Till the End of Time* ou *Final Fantasy X*, ambos lançados para o console Playstation 2, seus enredos são convites para reflexões filosóficas sobre a existência de humanos e do universo. No caso de *Chrono Cross* publicado pela empresa Square Enix, ao longo do jogo são apresentados dilemas nos quais deve-se escolher o que fazer. Cada escolha leva a consequências diferentes no enredo, podendo levar o jogador ao arrependimento ou não. Esses exemplos mostram que, assim como ocorre em alguns livros de ficção, alguns jogos também possuem enredos que podem contribuir com o aprendizado do jogador, seja mostrando informações e representando sociedades, ou seja apresentando problemas da ordem ética ou filosófica.



Figura 4.10 - Arte do jogo Okami. O jogo apresenta em seu enredo elementos da mitologia e cultura japonesa, além de situações-problemas para serem resolvidas pelo jogador.
Fonte: <http://www.artofokami.com>

4.3 Design de jogos

Quando pensamos o que define um jogo digital, muitos elementos vêm à mente, como, por exemplo, gráficos elaborados, interatividade, competição, etc. Sem dúvida, esses são elementos que fazem parte de muitos jogos, porém McGonigal (2011) define apenas quatro elementos como realmente essenciais em qualquer game:

1. Objetivo - É a meta ou conjunto de metas que o jogador deve buscar atingir. O objetivo que orienta as ações durante o jogo.
2. Regras - Definem de que maneira o jogador pode atuar para poder alcançar o objetivo. São interessantes porque são as regras que podem tornar o jogo mais fácil ou mais difícil, além de incentivar que os jogadores desenvolvam estratégias.
3. Feedback - O sistema de feedback pode assumir diferentes formas conforme o jogo, mas sempre está relacionado com o desempenho do jogador. Por exemplo, a pontuação atingida pelo jogador é um dos sistemas de feedback mais comuns (quanto mais pontos, melhor está sendo seu desempenho). Em jogos de aventura, a vida restante do personagem principal é outro feedback (se ele perder muitas vidas, ele está próximo a perder o jogo). Isso faz com que o jogador se mantenha informado e possa adotar diferentes estratégias conforme seu desempenho.

4. Participação Voluntária - É o fato que todo jogador aceita as regras, os objetivos e o feedback do jogo. Como há a liberdade de entrar e sair de um jogo à vontade, o jogador passa a enfrentar os desafios propostos como sendo uma atividade prazerosa, pois não está sendo forçado àquilo.

Muitos outros elementos podem ser pensados e introduzidos em um jogo a fim de torná-lo mais interessante e criativo. No entanto, quando vamos desenvolver um game, não podemos nos esquecer desses quatro elementos. Um jogo sem objetivo, por exemplo, não seria um jogo, mas sim outro tipo de mídia ou recurso eletrônico.

Csikszentmihalyi (2008) apresenta o conceito de “Flow” para explicar a felicidade, que seria a total concentração em uma atividade, acompanhada de um sentimento de prazer e realização pessoal. Esse conceito é aplicado em diferentes contextos, inclusive na experiência com jogos, originando o termo “zona de flow”.

Nesse contexto, o flow é decorrente do perfeito equilíbrio entre a habilidade do jogador e as tarefas a serem executados por ele. Se o desafio for muito difícil e estiver além das habilidade do jogador, a experiência se torna frustrante e gera ansiedade. Se as habilidades do jogador forem muito superiores ao desafio imposto, a experiência se torna tediosa. O ideal, portanto, é que exista um equilíbrio: desafios pequenos para jogadores com pouca habilidades e desafios grandes para aqueles mais habilidosos (figura 4.11).

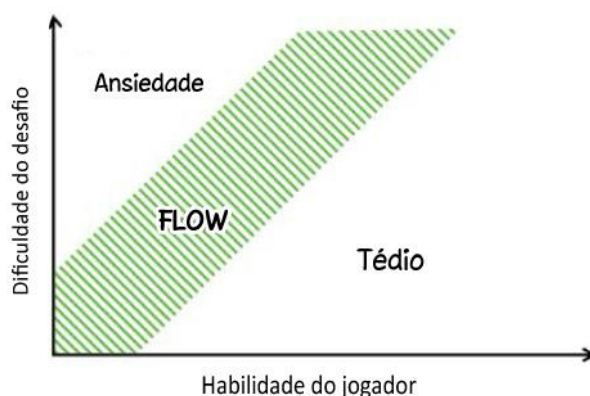


Figura 4.11 - Flow nos jogos. Relação entre a habilidade do jogador e o nível do desafio
Fonte: Adaptado de Csikszentmihalyi (2008)

Convém lembrar que o nível de habilidade de um determinado jogador pode variar com o tempo e conforme as experiências pelas quais passa. Por exemplo, ao começar um novo jogo pela primeira vez, o jogador terá habilidades baixas pois ainda estará se acostumando com a dinâmica e as regras. Depois de algum tempo jogando, ele já terá desenvolvido estratégias e estará mais acostumado com a jogabilidade. A essa altura, os desafios mais simples já serão muito fáceis, o jogador estará preparado para usar aquilo que aprendeu na resolução de desafios mais complexos.

Portanto, o ideal para manter as pessoas entretidas e interessadas em jogo é manter esse flow, ou seja, construir o jogo de modo que ele se desenvolva acompanhando as habilidades do jogador. Elementos similares são mencionados por Gee (2005a), que caracteriza como bons jogos aqueles que obrigam os jogadores a repensarem as estratégias já desenvolvidas ao apresentarem novas classes de desafios a serem superados ao longo da experiência.

Esses princípios, conhecidos como princípios de “level design”, levam muitos jogos a se organizarem em níveis de dificuldade, que podem se apresentar de várias formas. Em alguns é possível escolher esse nível: dificuldade fácil, intermediária ou avançada, por exemplo. Em outros o jogador inicia no nível mais fácil e vai progredindo para níveis mais difíceis. Por outro lado, alguns jogos não são divididos explicitamente em níveis, mas apresentam um aumento da dificuldade de forma gradativa, por meio de novos elementos (inimigos, desafios, etc.) que vão surgindo.

CAPÍTULO 5 - O DESENVOLVIMENTO DO JOGO

5.1 A escolha do software utilizado

Quando o assunto é criação de jogos digitais, o que vem à cabeça da maioria das pessoas remete a grandes empresas que contam com equipes bem organizadas de profissionais, cada um especializado em um ramo específico da criação. Uma equipe como essa pode ser dividida entre:

Produtores: acompanham o desenvolvimento do projeto, fazem trabalhos de gerenciamento e podem ser intermediários entre a equipe da criação e pessoas de fora.

Designers: seus papéis podem variar de acordo com o talento específico de cada um, portanto podem elaborar os níveis e estruturas dos jogos, elaborar roteiros, etc.

Artistas: responsáveis pela criação de todos os recursos gráficos (personagens, animações, cenários, etc.) e sonoros (músicas, sons e vozes).

Programadores: usam seus conhecimentos de linguagens de programação para programar os mecanismos que farão o jogo funcionar conforme o planejado.

Testadores: são pessoas que gostam de jogar e analisam os jogos, apontando problemas e determinando suas causas. (CHANDLER, 2012)

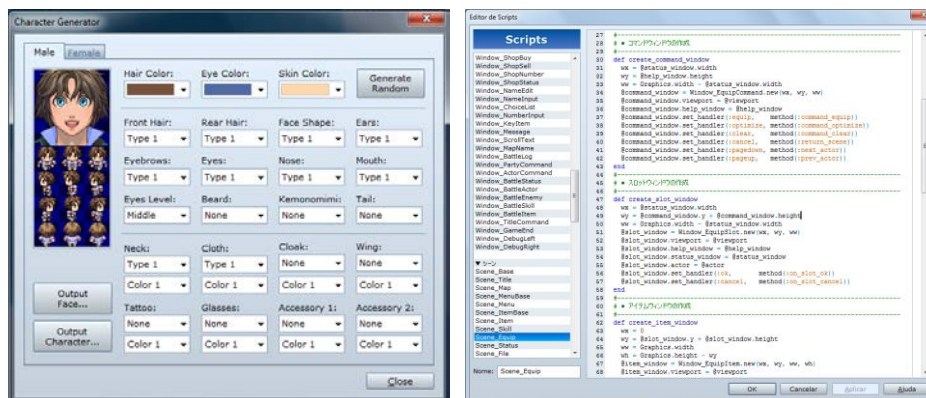
Outros tipos de profissionais como, por exemplo, dubladores e relações públicas também podem fazer parte dessas empresas. De fato, a maioria das produções mais complexas é feita por grandes equipes. No entanto, essa não é a única maneira de se criar um jogo. Existem também equipes menores e independentes responsáveis por diversas produções.

Atualmente existem softwares disponíveis que têm como objetivo facilitar o processo de criação de jogos. Alguns desses softwares apresentam interfaces simples de modo a possibilitar que até mesmo uma pessoa que não seja profissional e não tenha conhecimentos profundos de códigos de programação também possa criar seu próprio jogo. Além disso, tornam possível a criação de jogos digitais por apenas uma ou poucas pessoas.

Geralmente esses softwares podem ser considerados "motores de jogo" (também conhecidos em inglês como *game engines*) pois trazem um conjunto pré-determinado de programações que facilitam as animações, o uso de efeitos sonoros, a física e o uso de recursos gráficos no jogo, dispensando uma programação a partir do zero. Cabe então ao usuário organizar todas essas funções com o auxílio da interface do motor de jogo. Além disso, alguns desses softwares oferecem bibliotecas (também conhecidas em inglês como *databases*) de recursos gráficos e sonoros prontos para serem utilizados na elaboração de um jogo. É o caso, por exemplo, do software *RPG Maker VX Ace*, que além de oferecer uma biblioteca de recursos, também traz um editor de gráficos de personagens específicos para serem usados no programa (figura 5.1).

Apesar de facilitar a criação de jogos dispensando parte do trabalho de arte, tais bibliotecas são limitadas. Ou seja, elas nunca irão oferecer exatamente os gráficos e sons que o usuário tem em mente ao pensar em como seria o seu jogo. Então, caso sejam usados apenas os recursos da biblioteca padrão de um determinado motor de jogo, as possibilidades ficam restritas àquilo que há disponível. Além disso, não haverá originalidade no aspecto visual do projeto, pois os gráficos do jogo serão iguais aos usados em outros jogos criados no mesmo software.

Porém, a maioria das interfaces desses motores de jogo é compatível com determinados formatos de arquivos de imagens e sons, possibilitando assim que o usuário produza seus próprios recursos e crie um jogo mais personalizado. Para isso, todavia, é necessário que o usuário saiba utilizar um software de produção de imagens ou sons, ou seja, é preciso que a pessoa disponha de uma certa habilidade artística para desenvolver o projeto. Alguns motores de jogos oferecem também editores de códigos de programação em uma determinada linguagem (também chamados de scripts), para que usuários que saibam programar possam personalizar ainda mais seus jogos por meio de novos códigos inseridos. No exemplo do *RPG Maker VX Ace*, a linguagem de programação usada é a Ruby, e pode ser editada na interface do programa (figura 5.2).



Figuras 5.1 e 5.2 - Telas do programa RPG Maker VX Ace. À esquerda: gerador de recursos gráficos que funciona na própria interface do software. À direita: editor de códigos de programação do software.
 Fonte: <http://www.rpgmakerweb.com>

No nosso caso, tínhamos a proposta de criar um jogo simples, portanto, optamos por usar um motor de jogo com uma interface que facilitasse o processo, dispensando a formação de uma equipe usada em jogos mais complexos. Um software do tipo seria especialmente útil porque não tínhamos nenhum conhecimento sobre códigos de programação antes do início do projeto.

Porém, cabe salientar que, graças ao acesso gratuito a informações que a internet proporciona hoje em dia, é possível aprender algo de maneira auto didática sobre programação em uma determinada linguagem. Lições de níveis principiante e avançado sobre o assunto podem ser encontradas em páginas na internet como, por exemplo, "Wikibooks" (wikibooks.org), uma comunidade que contém livros, manuais e textos didáticos de conteúdos livres produzidos de maneira colaborativa, ou "Bucksroom" (buckysroom.org), uma página na internet que contém tutoriais de diferentes linguagens de programação. Esses conteúdos, em conjunto com outros recursos da internet, permitiram que o autor deste trabalho aprendesse alguns princípios básicos de programação em C#, que por sua vez auxiliaram a resolução de problemas que surgiam durante o projeto.

Uma vez definido o assunto do jogo, nos deparamos com a questão: qual motor de jogo iremos utilizar? Para decidir, consideramos alguns disponíveis na internet que aparentavam ser mais práticos. Foram eles: *GameMaker: Studio*, *GameSalad*, *Stencyl*, *Unity* e *Game Editor*.

GameMaker: Studio (figura 5.3) foi desenvolvido pela empresa YoYo Games e é um dos softwares do gênero mais conhecidos. O software conta com o recurso "drag and drop", que basicamente torna possível mover arquivos, no caso recursos gráficos, com um simples movimento do mouse do computador e abri-los no *GameMaker*, facilitando a edição dos jogos. Esse programa é voltado para a criação de jogos de duas dimensões espaciais (2D), apesar de possuir algum suporte limitado para a criação em três dimensões. Assim como no *RPG Maker*, em sua interface também é possível editar códigos e programação em uma linguagem própria do software, chamada de GML.

GameSalad é um software similar desenvolvido por empresa de mesmo nome. Seu público alvo é designers de jogos que não possuem conhecimentos de programação, por isso a criação no programa é baseada no sistema de drag and drop. Assim como o *GameMaker*, *GameSalad* possibilita que jogos para diferentes plataformas sejam publicados, focando mais na criação em 2D para iPhone, iPad, Android e HTML5. Sua interface é simples e intuitiva.

Stencyl, desenvolvido por Jonathan Chung, é também voltado apenas para a criação de jogos em 2D. Os comportamentos e interações dos objetos utilizados no jogo que está sendo criado podem ser criados e editados através de um sistema de "blocos" de funções, que funciona de maneira similar a códigos de programações, porém é simplificado, mais intuitivo e apresenta uma interface própria (figura 5.5). Em sua página da internet (stencyl.com) é possível jogar gratuitamente as criações publicadas por seus usuários.

Diferentemente dos softwares anteriores, *Unity*, desenvolvido pela empresa Unity Technologies, é adequado para a criação de jogos bidimensionais ou tridimensionais (figura 5.4). Trata-se de um software mais complexo, possui mais funções e por isso exige mais conhecimento do usuário ou da equipe que o utiliza. O usuário pode criar scripts de programação nas linguagens C#, Boo ou UnityScript (uma linguagem de programação própria do software e inspirada em Java). Em comparação com os outros softwares considerados, o *Unity* possibilita a criação de jogos para uma quantidade maior de plataformas, incluindo PlayStation 3, PlayStation 4, PlayStation Vita, Xbox 360, Xbox One, Wii U e Wii.



Figuras 5.3 e 5.4 - Edição de jogos na plataforma do GameMaker: Studio (à esquerda), e edição de jogos na plataformas do Unity (à direita).

Fontes: yoyogames.com/studio e unity3d.com, respectivamente.

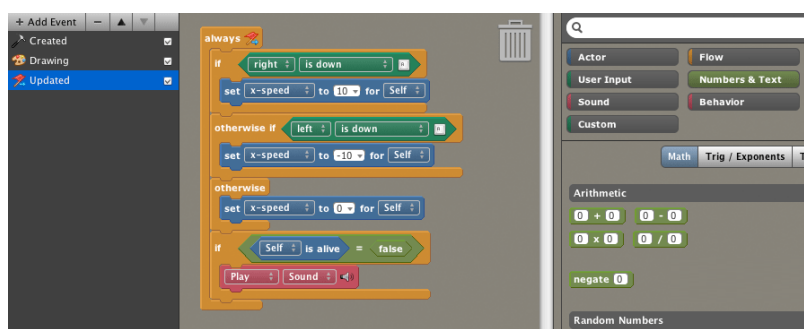


Figura 5.5 - Interface do sistema de "blocos" de programação usado no Stencyl.

Fonte: <http://www.stencyl.com/features>

Todos os softwares mencionados neste capítulo possuem versões gratuitas e versões pagas. Geralmente é possível criar um jogo utilizando a versão gratuita do programa, porém as versões pagas oferecem mais recursos ao usuário e possibilitam a publicação dos jogos na internet ou que o jogo seja exportado em formatos compatíveis com diferentes plataformas.

A única exceção é o *Game Editor*, um software de código aberto (do inglês "open source") cujas versões são todas gratuitas e permitem que os jogos criados sejam exportados para as plataformas mais populares.

Em relação aos outros programas de criação de jogos, o *Game Editor* possui uma interface menos elaborada, o que não necessariamente torna seu uso mais fácil, pois ela é menos intuitiva que outros como o *Stencyl*. A biblioteca de recursos padrão do software também é pequena em comparação com outras, embora também seja

possível importar novos recursos gráficos e sonoros ao programa. Por outro lado, essa simplicidade do programa obriga o usuário a criar seu jogo de maneira mais personalizada, pois a criação parte praticamente da estaca zero já que não há quase nada pronto para ser utilizado. Embora a ausência de recursos prontos dificulte a criação de um jogo visualmente mais elaborado, de certo modo isso dá mais liberdade para que o usuário crie seu próprio sistema que fará o jogo funcionar.

Portanto, no *Game Editor* praticamente todo o design do jogo (incluindo o design visual) é de responsabilidade do usuário. Essa característica, o fato de ser um programa totalmente gratuito e o fato de haver um fórum de suporte em sua página da internet (onde os usuários se ajudam compartilhando informações) fizeram com que nós optássemos por utilizar esse software, que está melhor descrito no próximo capítulo.

É interessante notar que existem softwares gratuitos (ainda que com algumas funções limitadas) que tornam possível uma pessoa sem grandes conhecimentos de programação ou design gráfico criar e personalizar seu próprio jogo de maneira intuitiva. Isso é importante para incentivar a produção criativa dos usuários e aumentar a quantidade de jogos educativos (ou não educativos) que podemos disponibilizar para a sociedade. Além disso, esses programas podem atrair o interesse das pessoas por assuntos como programação ou design, permitindo que esses tipos de trabalhos sejam mais divulgados e compreendidos. Como exemplo de incentivo à educação no campo, a YoYo Games oferece preço reduzidos para escolas e universidades que tenham a intenção de comprar o *GameMaker*.

5.2 O software Game Editor

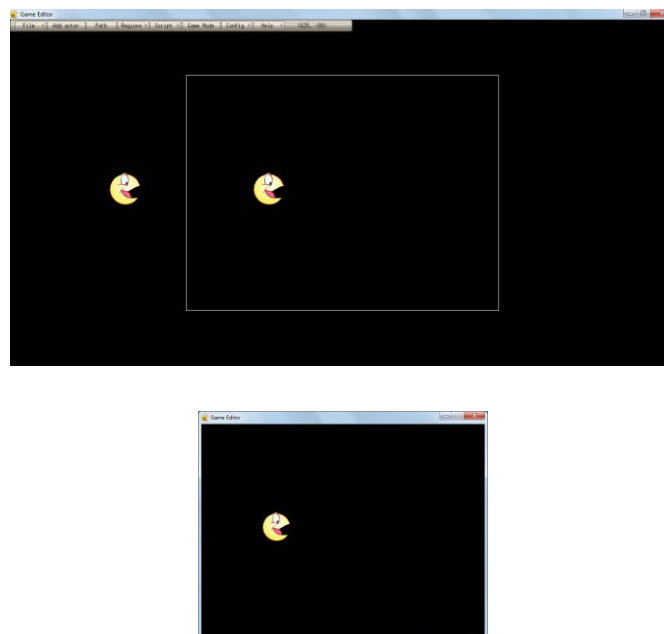
Game Editor é um software de código aberto e gratuito que possibilita o desenvolvimento de jogos bidimensionais para computadores e dispositivos móveis. O programa pode funcionar em diversos sistemas operacionais, e seus jogos podem ser executados nos mesmos sistemas.

Na página da internet do software é possível encontrá-lo para download, bem como alguns tutoriais sobre como utilizá-lo, além de exemplos de jogos que foram

criados no programa. Um fórum de discussão permite que os usuários se comuniquem, trocando informações e solucionando dúvidas relacionadas ao *Game Editor*, o que é particularmente importante no caso de usuários que não têm experiência no desenvolvimento de jogos e programação. Dentro da interface do próprio software há alguns tutoriais pré-programados que demonstram como fazer algumas tarefas básicas que são úteis na criação de um jogo, tais como adicionar elementos gráficos e manipulá-los. Esses tutoriais não seguem uma ordem muito bem estruturada de ensino. Na realidade, a maioria das lições é avulsa e pode ser vista em qualquer ordem. Ainda assim, são de grande ajuda para quem ainda está se familiarizando com a interface do *Game Editor*.

É interessante ressaltar que por meio da participação no fórum de discussão do programa e do estudo desses tutoriais oferecidos, aprendemos o necessário para desenvolver o jogo de cinética química apresentado na seção 4.4 deste capítulo, mesmo praticamente sem nenhum conhecimento de programação. Isso indica que, de fato, uma pessoa leiga pode criar um jogo com o auxílio de softwares desse gênero e das informações disponíveis publicamente, ainda que o desenvolvimento possa ser complexo e trabalhoso dependendo do jogo que se pretende criar.

A interface do *Game Editor* é relativamente simples, apresentando inicialmente apenas um espaço vazio, um retângulo e um menu na extremidade superior (figura 5.6). O retângulo em branco (cor padrão) representa os limites da tela de visão do jogo e por isso seu nome no software é "view" (visão em português). Isso basicamente significa que, durante o funcionamento do jogo, tudo aquilo que estiver dentro desse retângulo estará aparecendo na tela para o jogador, e tudo aquilo que estiver fora estará fora do campo de visão. Porém, durante o jogo, todos seus elementos podem mudar de posição conforme forem configurados, inclusive o próprio retângulo de visão.



Figuras 5.6a e 5.6b - Interface inicial do Game Editor. É possível notar o menu de função em cinza na parte superior da tela, o retângulo branco que representa o campo de visão do jogo e dois objetos (atores) que foram inseridos. Na figura 5.6b, abaixo, vemos como seria a visão durante o jogo.

Fonte: Software Game Editor

Todo o espaço vazio preto da figura funciona, nas palavras do autor do software, como uma grande mesa onde o usuário pode posicionar todos os objetos que farão parte do jogo e manipulá-los, inclusive mudando suas posições a qualquer momento simplesmente clicando sobre eles com o mouse e os arrastando para uma nova posição. Para cada ponto desse espaço há uma coordenada cartesiana associada que sempre pode ser verificada no menu superior da interface e serve como base para que o usuário possa definir as posições dos objetos e eventos do jogo corretamente. Ao contrário de outros softwares que apresentam uma interface mais elaborada que organiza automaticamente os recursos utilizados no jogo, esse sistema, pela simplicidade, faz com que a organização do jogo dependa apenas do usuário, portanto é importante que se tenha um planejamento claro do jogo antes de começar o processo.

No menu superior é onde se encontram a maior parte das opções do programa e é por onde se inicia a criação de um jogo. Além de indicar a coordenada cartesiana atual do ponteiro do mouse, há oito botões no menu: File, Add actor, Path, Regions, Script, Game Mode, Config e Help.

Em "File" é possível abrir novos projetos, salvar o projeto atual ou exportar o jogo para alguma plataforma específica para que ele esteja pronto para ser jogado. "Add actor" é a opção que se utiliza para adicionar novos objetos ao jogo, que podem ser gráficos ou simplesmente delimitações de regiões específicas. "Path" é um recurso que permite que trajetórias sejam desenhadas na tela. Essas trajetórias podem ser utilizadas mais tarde para personalizar o movimento de outros objetos. "Regions" é utilizado para criar zonas de ativação, que basicamente são capazes de dividir um jogo em diferentes níveis pois todos os objetos dentro de cada uma dessas zonas podem ser criados ou destruídos ao mesmo tempo durante o jogo. "Script" abre o editor de scripts, que é onde códigos de programação podem ser criados para serem utilizados em outras situações durante o projeto. "Game Mode" inicia uma simulação de como seria o jogo que foi projetado até o momento. "Config" é onde algumas opções do software podem ser configuradas como, por exemplo, a resolução da tela e a cor de fundo. "Help" é o botão no menu que disponibiliza tutoriais e informações sobre o software.

Os objetos que são criados no *Game Editor* através da opção "Add actor" e posteriormente posicionados na tela e configurados pelo usuário são chamados de "atores" (tradução nossa do original "actors") pelo programa. Portanto, esse é o termo que usaremos a partir de agora para nos referir a eles.

O funcionamento de um jogo no *Game Editor* geralmente segue o esquema de evento-ação, ou seja, quando um determinado evento ocorre durante o jogo, uma determinada ação é ativada como resposta. Esses eventos e ações são especificados na tela de configuração de cada ator, que pode ser aberta clicando-se com o botão direito sobre eles e, em seguida, escolhendo-se a opção "Actor Control" (figura 5.7).



Figura 5.7 - Tela de configurações de um determinado ator.

Fonte: Software Game Editor

Na parte inferior dessa tela é possível adicionar um determinado tipo de evento e, em seguida, configurar qual ação será ativada como resposta. Por exemplo, é possível determinar que quando o jogador clicar sobre aquele ator, o ator será destruído. Nesse caso o evento seria o clique do mouse e a ação seria a destruição de um ator. Vários tipos de eventos podem ser configurados: cliques de mouse, teclas que são pressionadas, criação e destruição de outros atores, colisões entre determinados atores, etc. O *Game Editor* já traz uma lista pronta de eventos que podem ser escolhidos, bem como uma lista de ações que podem ocorrer como consequência (figura 5.8). Isso facilita o processo de criação do jogo pois ao usuário basta selecionar as opções criando então um sistema baseado em causa-consequência ou, no caso, um sistema de evento-ação que dispensa o uso de códigos de programação.

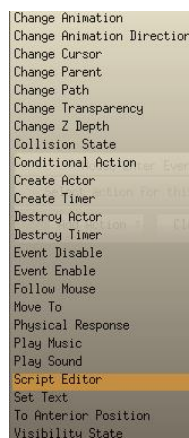


Figura 5.8 - Lista de ações.

Fonte: Software Game Editor

As possíveis ações que podem ocorrer como respostas a cada evento são variadas porque, além daquelas que já foram preparadas e estão na lista que o programa traz, há uma opção de ação chamada "Script Editor". Quando essa opção é selecionada, uma janela de edição de script é aberta para que o usuário insira, em forma de código de programação, todas as ações que devem ocorrer em um determinado evento (figura 5.9). Isso permite que ações muito mais específicas sejam configuradas e que múltiplas ações ocorram em uma ordem específica para um mesmo evento, o que torna a construção do jogo muito mais organizada. Por outro lado, para que a opção "Script Editor" possa ser usada de maneira eficiente, é necessário que o usuário tenha ao menos conhecimentos básicos da linguagem de programação do software (no caso, similar à linguagem C).

No entanto, a janela de edição de scripts dispõe de alguns recursos que facilitam a escrita dos códigos. Na figura 5.9 é possível ver algumas opções na parte inferior da janela. A primeira, "actors", dispõe de uma lista com todos os nomes dos atores que existem no jogo. Mas a mais útil é a segunda, "variables/functions". Essa opção abre uma lista com diversas funções que podem ser programadas, incluindo todas as ações da lista na figura 5.8. Ao selecionar uma delas, toda a sintaxe da programação daquela ação é escrita automaticamente na janela, bastando ao usuário configurar os comandos de acordo com o que se deseja. A vantagem é que assim todas as ações de um determinado evento podem ser visualizadas em uma mesma janela na ordem em que vão ocorrer e podem ser facilmente modificadas. Além disso, as palavras escritas nessa janela automaticamente assumem diferentes cores de acordo com as suas funções. Por exemplo, os comentários do usuário aparecerão em azul claro enquanto o nome de funções específicas aparecerão em amarelo.

No caso da figura 5.9, temos como exemplo uma sequência de ações que serão ativadas assim que o jogador clicar em um ator chamado "botão iniciar" de um jogo. Na terceira linha do código, está programada a destruição do mesmo ator e, na quarta linha, está programada a criação de um outro ator chamado "jogador" na posição correspondente à coordenada (0, 0) da tela. O usuário pode alterar tais programações a qualquer momento selecionando novamente a opção "script editor" dos atores correspondentes.

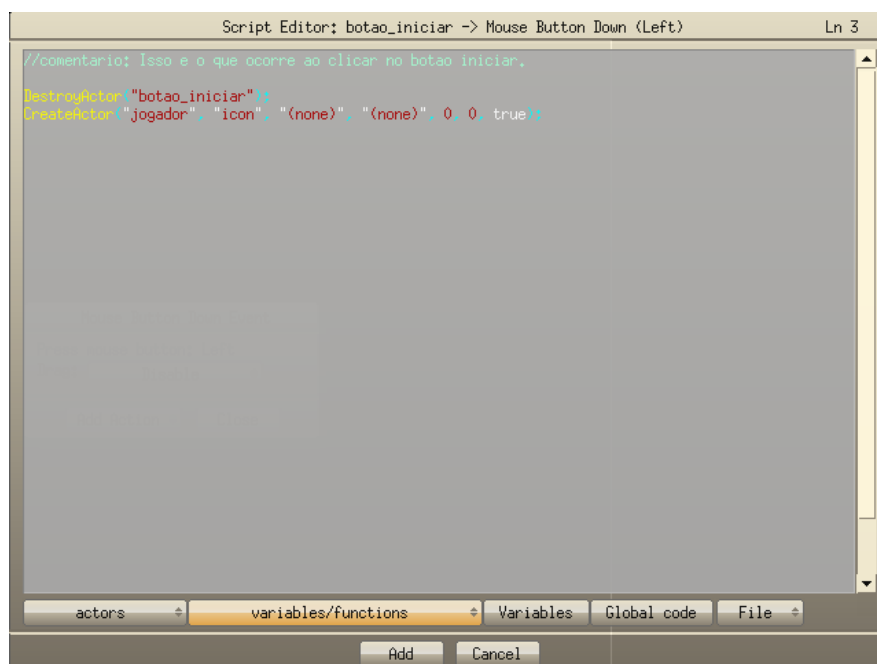


Figura 5.9 - Janela do Script Editor. Nela diferentes ações podem ser programadas em linguagem compatível com linguagem C.

Fonte: Software Game Editor

Portanto, apesar do uso de linguagens de programação pelo usuário ser dispensável nesse software do mesmo modo que nos softwares mencionados na seção anterior, algum conhecimento sobre o tema é desejável. Felizmente, alguns dos tutoriais oferecidos dentro da própria interface do Game Editor ensinam algumas das funções mais úteis na criação de jogos que são feitas com o uso do Script Editor.

No entanto, é no fórum de discussão existente na página de internet do software que dúvidas e problemas mais específicos sobre programação ou outros assuntos podem ser solucionados. Durante a criação do jogo desta proposta, recorreremos a esse fórum algumas vezes e, graças à ajuda de usuários mais experientes, os desafios que surgiram ao longo do projeto puderam ser superados.

5.3 O jogo e seu desenvolvimento

Uma vez decidido o tema do jogo e o software no qual ele seria feito, o próximo passo foi planejá-lo. Para isso foi necessário imaginar exatamente como seria o resultado final, mantendo em mente quais conteúdos queríamos trabalhar e como seria a

jogabilidade. Diversos esquemas sobre o visual do jogo foram feitos em papel para que pudessem ser seguidos durante sua elaboração no *Game Editor* (figura 5.10).

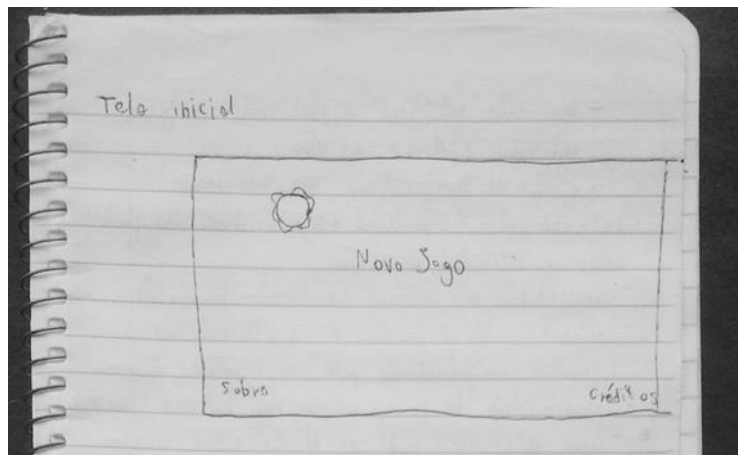


Figura 5.10 - Planejamento de uma das primeiras versões da tela inicial.

Fonte: Autor

Uma vez que nossa intenção era que o jogo funcionasse como um análogo para o conceito do movimento das partículas de um gás, decidimos que o jogo simularia um recipiente fechado contendo moléculas de gases reais. Porém apenas isso não seria suficiente para se caracterizar um jogo, era preciso decidir de que maneira seria a interação do jogador com esse sistema. Esse foi o primeiro problema. Num sistema fechado onde partículas de um ou mais gases se movimentam, é difícil imaginar como o jogador poderia interferir sem que a simulação perdesse sua semelhança com a realidade. Por exemplo, é fácil relacionar com a natureza uma simples simulação na qual as partículas se movimentam aleatoriamente e em trajetórias retilíneas, mas não é tão simples fazer o mesmo com todas as possíveis interações que um jogador faz usando seu raciocínio lógico.

No entanto, um jogo é diferente de outras simulações justamente por causa dessas interações, elas não podem ser excluídas. Além disso, não é necessário que ele seja fiel à realidade em todos os aspectos (na verdade nenhuma simulação é), ou seja, nós temos a liberdade de introduzir elementos fictícios nele. Isso não necessariamente fará com que o jogo perca seu caráter educativo. Na seção 4.2, por exemplo, mostramos como jogos baseados em ficção podem ter aspectos educacionais. Mas nossa intenção não era a de criar um jogo que apresentasse qualquer aspecto educacional, mas sim a de

criar um jogo que fosse fiel o suficiente à realidade para poder ser usado como conceito análogo no aprendizado sobre movimento de gases.

Portanto, evitamos introduzir muitos elementos fictícios e decidimos que o papel do jogador seria o de controlar uma partícula especial que poderia interagir com as outras partículas dos gases na tela, simulando reações químicas. Essa partícula seria então a única que não se movimentaria perfeitamente como uma molécula de um gás real, pois seu movimento seria influenciado diretamente pela vontade do jogador. Com isso em mente, iniciamos a construção das versões do jogo apenas para testar a ideia e verificar a jogabilidade.

Evitamos nos limitar à simulação de um gás ideal, pois nele não há reações ou transformações, além do fato de só existir um tipo de gás ideal. Isso limitaria as possibilidades de dinâmica do jogo, pois uma das ideias foi simular diferentes tipos de partículas que interagissem de alguma forma entre si. Portanto mantemos apenas alguns aspectos relacionados ao movimento de gases na elaboração do projeto, tais como o movimento e a trajetória das partículas.

Inicialmente, a intenção do projeto era a de fazer versões para as plataformas Windows e também para Android, mais especificamente uma versão que fosse compatível com tablets de sete polegadas rodando esse sistema operacional. Porém, a versão mais recente do Game Editor não permite que o jogo seja exportado diretamente como aplicativo do sistema Android (formato .apk). Para solucionar essa questão, foi necessário usar alguns aplicativos adicionais que finalmente permitiram que os jogos criados fossem convertidos para tablets com sistema operacional Android (figura 5.11). Nessas versões, a tela sensível ao toque possibilitava que o jogador movesse uma das partículas.

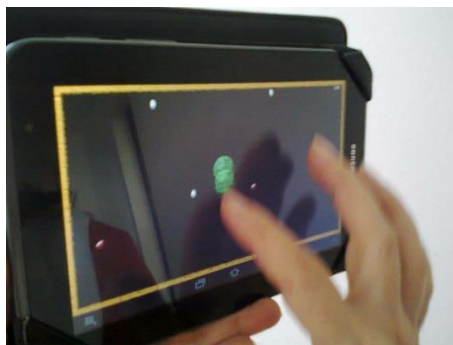


Figura 5.11 - Teste de jogabilidade em tablet. Nessa versão o jogador movia a grande partícula verde pela tela arrastando-a com os dedos. Por esse motivo a partícula deveria ser grande o suficiente para que o jogador pudesse tocá-la com facilidade.

Fonte: Autor

Embora mais tarde tenhamos optado por desenvolver apenas a versão para Windows devido à possibilidade de utilizar o mouse jogando em um computador, essas primeiras versões do jogo contribuíram para que chegássemos ao conceito final de como seria o jogo.

Antes da construção de cada versão no *Game Editor*, foram feitos rascunhos no papel para planejar como seriam montadas. Na Figura 5.12 temos um exemplo de um desses rascunhos que esquematiza a posição de cada ator na tela, as funções atribuídas a cada um e as relações entre eles.

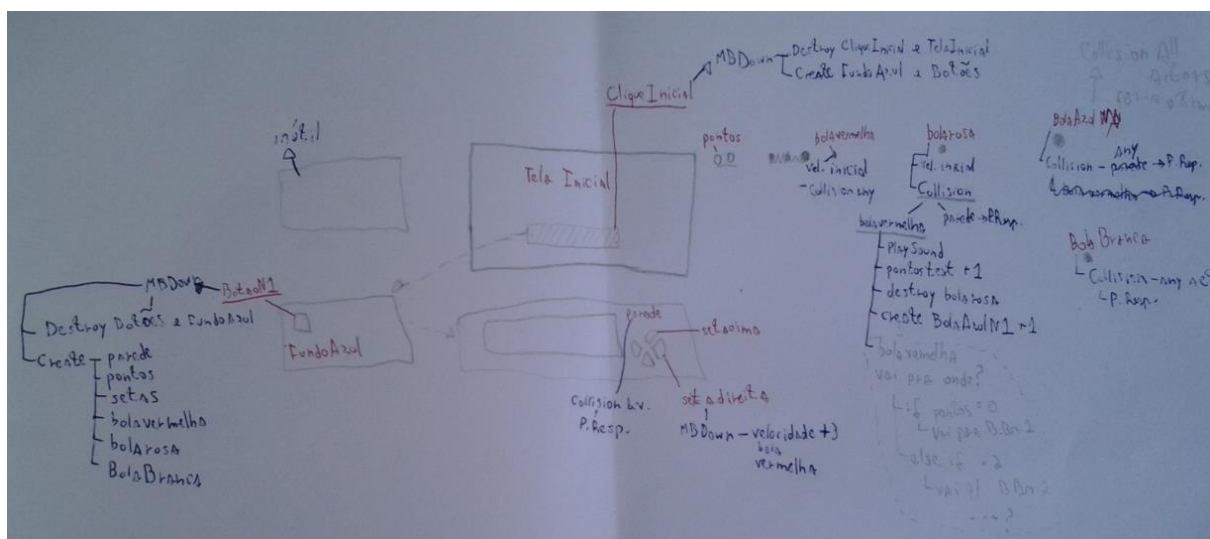


Figura 5.12 - Esquema da construção de uma das versões do jogo. Os desenhos foram feitos em cor cinza, o nome dos atores em vermelho e as funções de cada um em azul.

Fonte: Autor

5.3.1 Descrição da versão final

Na tela inicial do jogo, que recebeu o título de "Cinética dos Gases", há três opções: Créditos, Jogo e Observações (figura 5.13).

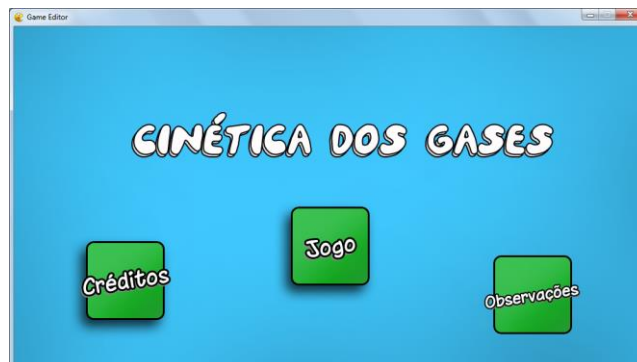


Figura 5.13 - Tela inicial da versão final do jogo.

Fonte: Autor

Uma vez que o jogo foi criado para o sistema operacional Windows, sempre há um cursor na tela que o jogador controla utilizando o mouse. Ao clicar no botão "Créditos", uma nova tela com o nome das pessoas envolvidas no projeto é exibida. Porém, para começar a jogar, o jogador deve clicar no botão "Jogo".

Ao fazê-lo, a tela é substituída por uma nova que é dividida em duas partes (figura 5.14). À direita, há um menu onde são indicados o nível atual, o número de pontos e o tempo restante ao jogador. Além disso, ao se iniciar um novo jogo, uma janela de mensagens é exibida nesse menu. Essa janela orienta o jogador sobre as regras do jogo.

O restante da tela é ocupado por um retângulo cinza que representa um espaço fechado. É nesse espaço que as diferentes esferas representando partículas de gases se movimentam durante o jogo.

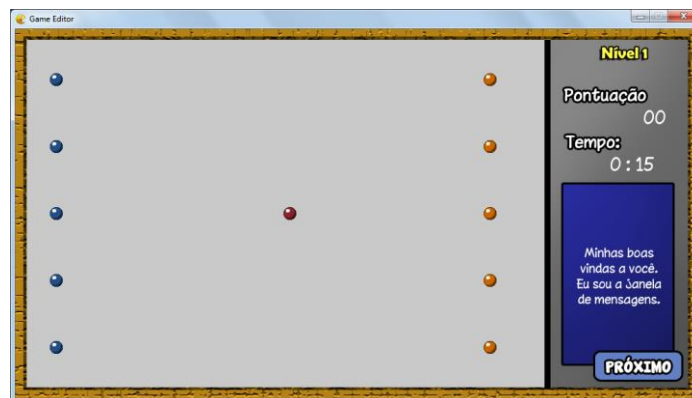


Figura 5.14 - Tela do primeiro nível do jogo. No início de cada nível as esferas não se movimentam e se encontram ordenadas, cada cor de um lado da tela.

Fonte: Autor

O jogador deve passar por cinco níveis para ganhar o jogo. No primeiro nível há uma esfera vermelha no centro da tela, cinco esferas azuis ordenadas na região esquerda e cinco laranjas na região direita. A princípio, todos esses elementos não se movimentam. Porém, quando o jogador clica sobre a esfera vermelha, seu movimento passa a ser controlado pelo jogador através do mouse e todas as demais esferas começam a se mover aleatoriamente pelo espaço.

Se uma esfera laranja colidir com a vermelha, a última será destruída e o jogo acaba. Por outro lado, se a esfera vermelha colidir com uma azul, a última muda sua cor para cinza, sinalizando que ela foi transformada, e o jogador recebe um ponto, que é somado à pontuação indicada no menu à direita. O jogo, portanto, consiste em controlar a esfera vermelha de modo que ela nunca colida com uma laranja, porém que colida com o máximo de azuis possível para que uma alta pontuação seja obtida.

Para cada nível do jogo há uma contagem regressiva de tempo que é indicada no menu direito. Se o jogador for capaz de evitar colisões com esferas laranjas até a contagem chegar a zero, uma mensagem aparecerá na tela e ele terá acesso ao próximo nível independentemente do número de pontos que acumulou (figura 5.15). Caso contrário, uma mensagem de "game over" aparecerá e ele retornará ao começo independentemente de qual nível ele já tenha alcançado (figura 5.16). O jogo se torna mais difícil a cada nível, pois em cada um deles a quantidade de partículas na tela e o tempo da contagem aumentam segundo a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Elementos em cada nível do jogo.

	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Esferas azuis	5	10	15	20	25
Esferas laranjas	5	10	15	20	25
Tempo (s)	15	20	25	40	60

Sendo assim, no último nível o jogador deverá evitar que a esfera vermelha colida com 25 esferas laranjas que se movimentam aleatoriamente pela tela durante sessenta segundos, enquanto tenta colidir com as outras 25 esferas azuis para conseguir mais pontos. Os níveis foram configurados dessa forma para se criar uma dificuldade crescente, que tem como objetivo manter o jogador entretido seguindo a teoria do flow, de Csikszentmihalyi (2008).



Figuras 5.15 e 5.16 - Mensagem de vitória e mensagem de derrota. É possível observar a grande quantidade de partículas em movimento que conferem dificuldade aos últimos níveis.

Fonte: Autor

Além do jogo propriamente dito, no menu inicial do programa é possível escolher a opção chamada "Observações". Ao selecionar essa opção, o jogador tem acesso a quatro telas chamadas de "A", "B", "C" e "D". Cada uma dessas opções apresenta uma simulação em que elementos circulares representando partículas se movimentam aleatoriamente ao serem ativadas (figura 5.17).

O intuito dessas simulações é que o jogador observe o tipo de movimento das partículas e a maneira como arranjos inicialmente ordenados se tornam desordenados e aleatórios, sem interagir diretamente com elas. Elas foram desenvolvidas para funcionar como preparações de estudantes de Química em futuras aplicações do jogo, estimulando-os a observarem determinados conceitos durante o uso do programa.

Assim como na outra parte do jogo anteriormente descrita, cada simulação tem um menu lateral na região direita da tela e um espaço maior onde as partículas se movimentam. Inicialmente as partículas se encontram em repouso em posições predeterminadas. No menu lateral sempre há três botões utilizados pelo jogador para controlar as simulações. O botão "Menu Principal" tem a função de retornar à primeira tela do programa. O botão "Começar" ativa a simulação fazendo com que as partículas na tela se movimentem. Feito isso, o jogador pode clicar no botão "Início" para que a simulação retorne ao estado inicial no qual todas as partículas se encontram em repouso e nas posições predeterminadas. Assim, o jogador pode observar cada simulação pelo tempo que quiser e quantas vezes quiser, sem nenhum tipo de contagem de tempo.

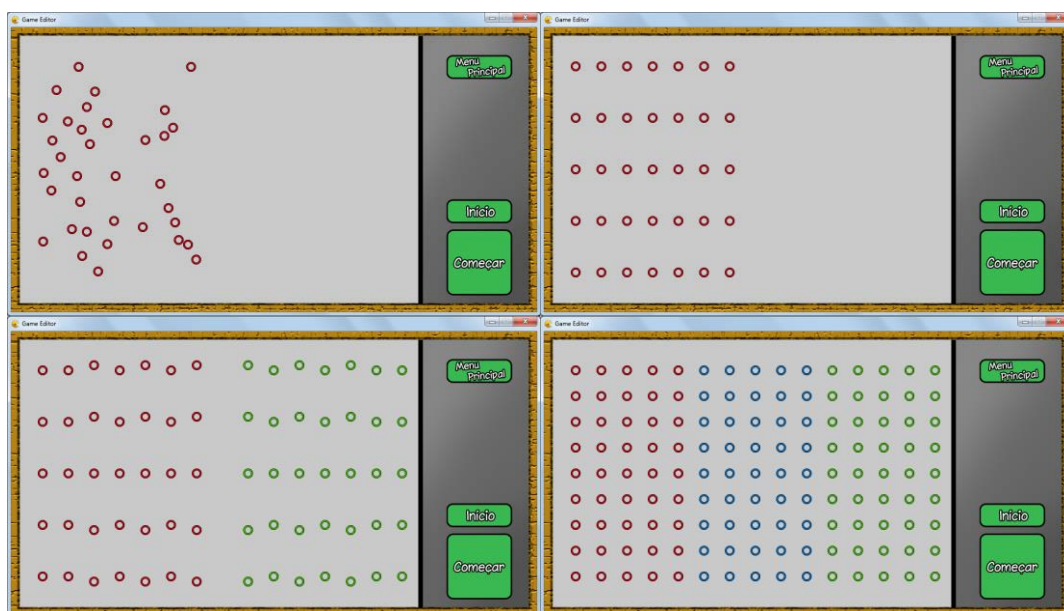


Figura 5.17 - Telas das quatro simulações disponíveis no jogo em seus estados iniciais.

Fonte: Autor

A simulação "D", por exemplo, apresenta uma tela onde há um número igual de partículas de cores vermelho, azul e verde. Essas partículas se encontram inicialmente separadas de acordo com suas cores e organizadas em fileiras conforme vemos na última tela mostrada na figura 4.17. Quando a simulação é ativada, elas começam a se movimentar, adquirindo novas configurações aleatórias a cada instante (figura 5.18).

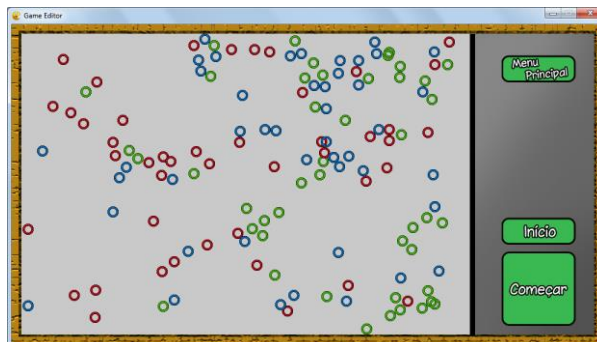


Figura 5.18 - Partículas de diferentes cores se misturando em simulação.

Fonte: Autor

5.3.2 Desenvolvimento dos recursos gráficos

Embora alguns recursos gráficos prontos acompanhem o software *Game Editor*, são poucos e, portanto, foi necessário produzir recursos personalizados. Para isso, primeiramente fizemos um esquema da versão final do jogo para prever quais gráficos seriam necessários e como eles deveriam ser (figura 5.19) e uma versão simplificada (figura 5.20).

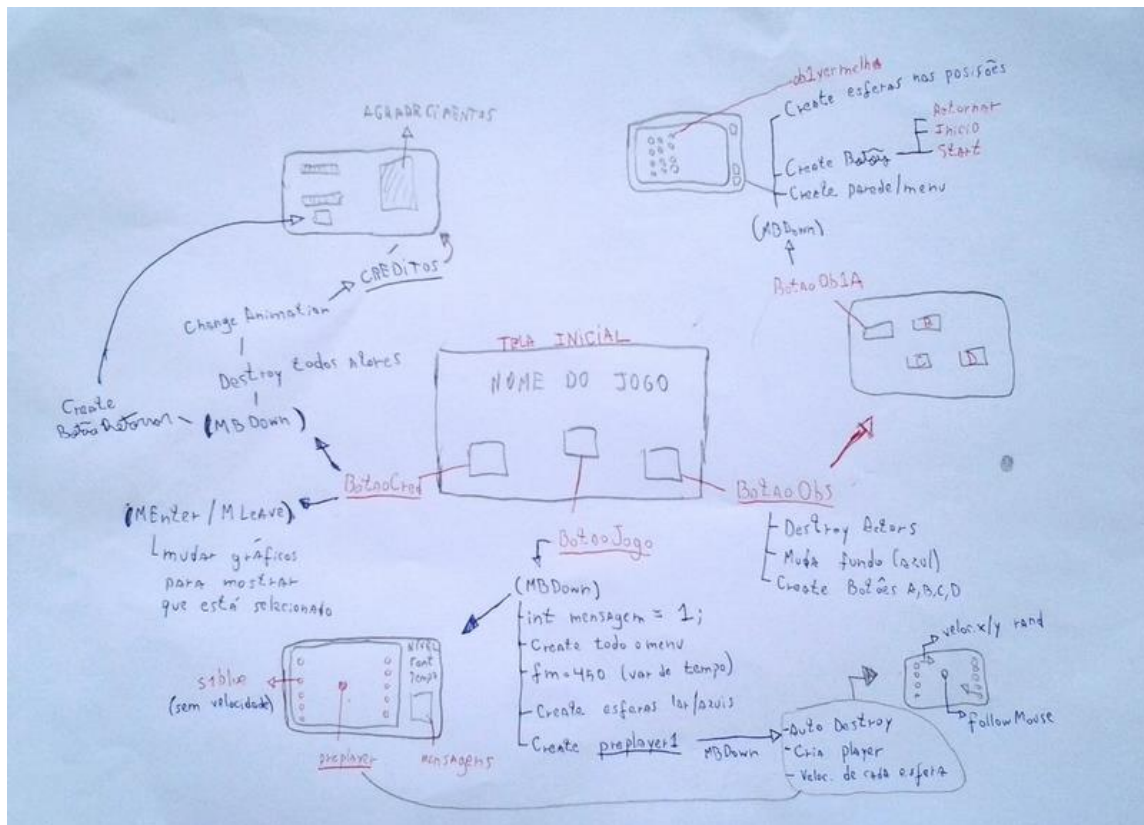


Figura 5.19 - Esboço da estrutura planejada para a versão final do jogo.

Fonte: Autor

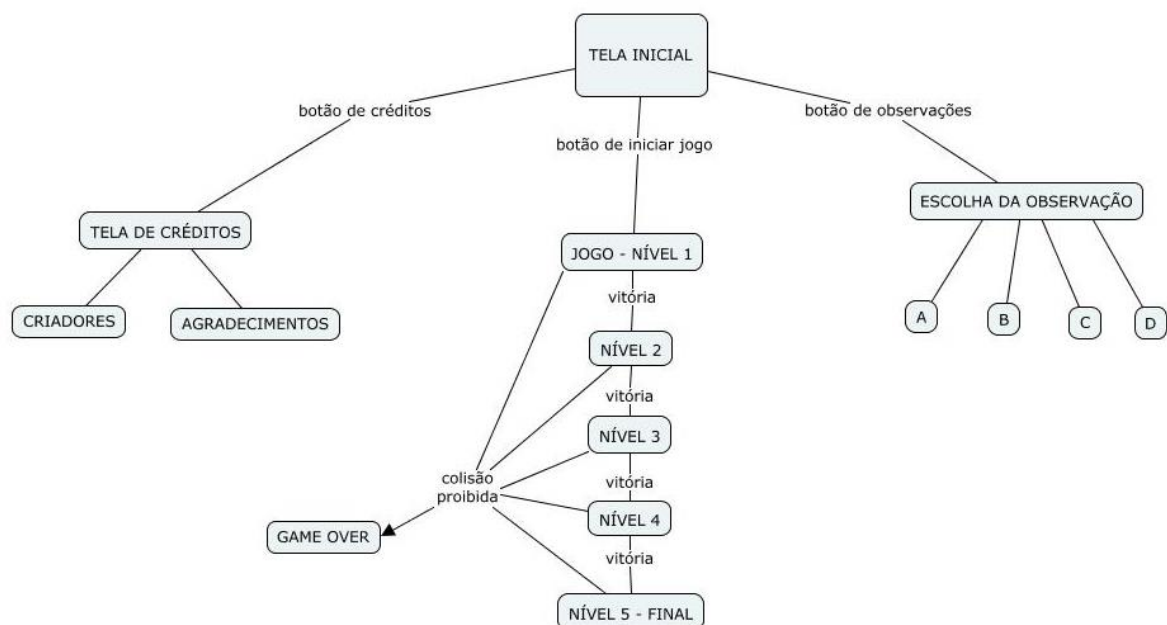


Figura 5.20 - Versão simplificada da estrutura do jogo

Fonte: Autor

Além de permitir uma visão melhor do nosso objetivo, esse esquema possibilitou que nós nos déssemos conta que praticamente todos recursos gráficos deveriam ser produzidos por nós. Os únicos recursos originais do *Game Editor* que puderam ser utilizados foram o desenho de uma pequena esfera cinza que serviu como base para outras esferas que representavam diferentes partículas no jogo (figura 5.21) e o efeito sonoro utilizado na colisão entre elas. Porém, as janelas necessárias ao jogo, todas as mensagens, botões e demais gráficos foram feitos à parte.



Figura 5.21 - Exemplos de recursos gráficos produzidos. A esfera cinza à esquerda é um gráfico padrão do Game Editor, os demais foram personalizados.

Fonte: Autor

Para criar novos gráficos ou personalizá-los utilizamos o software *Adobe Photoshop CS5*, um editor de imagens bidimensionais desenvolvido pela empresa Adobe Systems (figura 5.22). Trate-se de um software que utiliza o sistema de camadas de imagem que são sobrepostas formando uma única imagem. Desenhemos então todas imagens no programa e exportamos cada uma sob a forma de arquivos de formato PNG. Esse foi o formato escolhido pois, além de ser um dos formatos de arquivo de imagem compatíveis com o *Game Editor*, é um formato que conserva melhor a qualidade das imagens em comparação com outros (o que é importante sobretudo em imagens que usam efeitos de transparência ou são usadas em eventos de colisão durante o jogo) e, ao mesmo tempo, não torna os arquivos demasiados grandes e portanto não comprometem o tamanho do arquivo final do jogo.

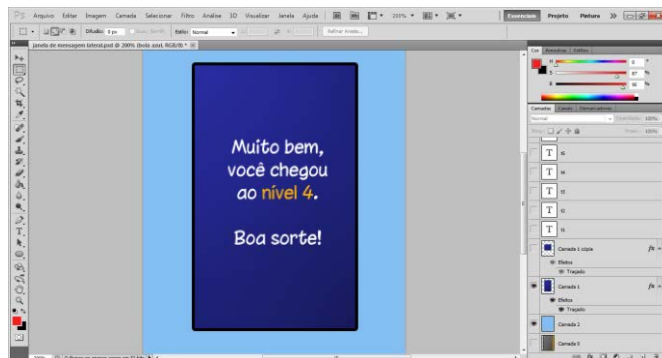


Figura 5.22 - Produção de gráficos no Adobe Photoshop. Na figura as janelas de mensagens estão sendo produzidas para serem usadas posteriormente no jogo.

Fonte: Autor

As imagens foram importadas para o *Game Editor* e utilizadas como gráficos dos atores criados no programa, finalmente possibilitando o desenvolvimento da última versão.

5.3.3 Montagem do jogo no Game Editor

Seguimos basicamente o esquema mostrado na figura 5.19 para a elaboração do projeto, portanto o primeiro passo foi a criação da tela inicial, ou seja, os primeiros elementos a serem vistos pelo jogador assim que ele abre o arquivo do jogo. Para isso um ator com o nome "TelaInicial" foi criado e posicionado no centro da tela de campo de visão. A esse ator atribuímos um gráfico com o tamanho exato da tela de visão contendo o título do jogo, "Cinética Química", e um fundo azul.

Sobrepondo a tela inicial, posicionamos três botões: Créditos, Jogo e Observações. Cada um desses botões também funciona como um ator no Game Editor, sendo que na realidade a única coisa que o jogador percebe são os gráficos atribuídos a eles. Assim, esses quatro atores são criados automaticamente quando o jogo é iniciado, constituindo a primeira tela, que pode ser observada na figura 5.13. Todos os outros atores permanecem desativados e só irão aparecer durante o jogo à partir dos primeiros.

Feita a tela inicial, o segundo passo foi vincular e configurar eventos para os três botões segundo o sistema de evento-ação descrito na seção 5.2. Para cada um deles há três eventos que podem ocorrer, são eles: "Mouse Enter" quando o cursor do mouse está posicionado sobre ele, "Mouse Leave" quando o cursor do mouse que antes está

posicionado sobre ele deixa a região do botão e "Mouse Button Down" para quando o jogador clica com o mouse sobre ele.

O evento "Mouse Enter" executa duas ações configuradas pelo editor de scripts do programa: o gráfico do botão em questão é trocado por outro similar, porém com diferente posicionamento e cor do texto, e então um efeito sonoro é executado uma vez. O evento "Mouse Leave" restaura o gráfico original do botão. Essa sequência de ações (figura 5.23) cria um efeito comum em menus de jogos digitais que indica que uma opção está pronta para ser ativada, bastando para isso pressionar alguma tecla ou, no nosso caso, um clique do mouse.



Figura 5.23 - Sequência de mudança de gráficos.

Fonte: Autor

Já o evento "Mouse Button Down" desencadeia ações diferentes programadas através do editor de scripts para cada um dos três botões. Ao clicar no botão "Créditos", por exemplo, são executados comandos que excluem (ou, na linguagem do programa, destroem) todos os atores que podem estar presentes na tela naquele momento, incluindo o próprio botão "Créditos". A única exceção é o ator "TelaInicial" que, ao invés de ser excluído, apenas muda seu gráfico para uma imagem na qual todos os créditos relativos ao jogo foram escritos.

Em seguida, é criado na tela um novo ator em formato de botão chamado "voltar ao menu", que funciona de maneira similar aos demais. Essa sequência de comandos programados pode ser vista na figura 5.24 a seguir.

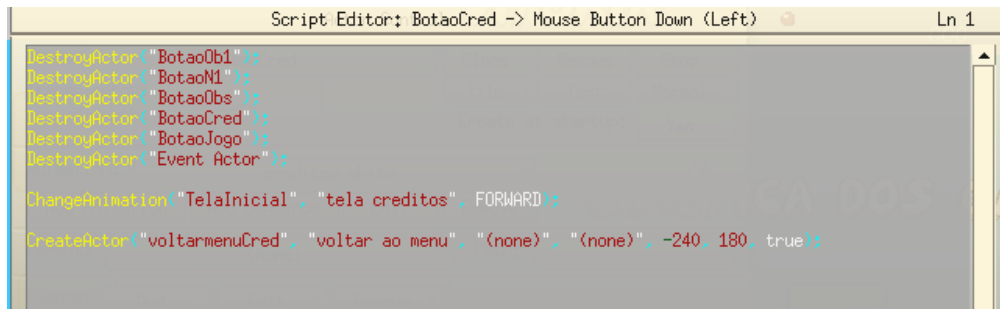


Figura 5.24 - Editor de scripts com a programação que constroi a tela de créditos.

Fonte: Autor

Todos os botões que têm a função de voltar ao menu inicial do jogo operam de maneira similar: são atores que, quando o jogador clica sobre eles, executam comandos que excluem todos elementos presentes no jogo e, em seguida, criam novamente os atores que fazem parte do menu inicial.

Todavia, para programar comandos que ativam novos atores durante o jogo, estes devem primeiramente ser configurados no *Game Editor*. Portanto, uma vez que já tínhamos todos gráficos necessários, criamos os devidos atores e os posicionamos no software de acordo com suas funções. A figura 5.25 mostra todos os atores que foram configurados e são usados ao longo do jogo. Porém, não é possível ver todos os gráficos nela pois, embora alguns atores possuam mais de um gráfico vinculado a eles, apenas o inicial aparece na figura. Cada um desses atores está envolvido em um ou mais conjuntos de evento e ação.

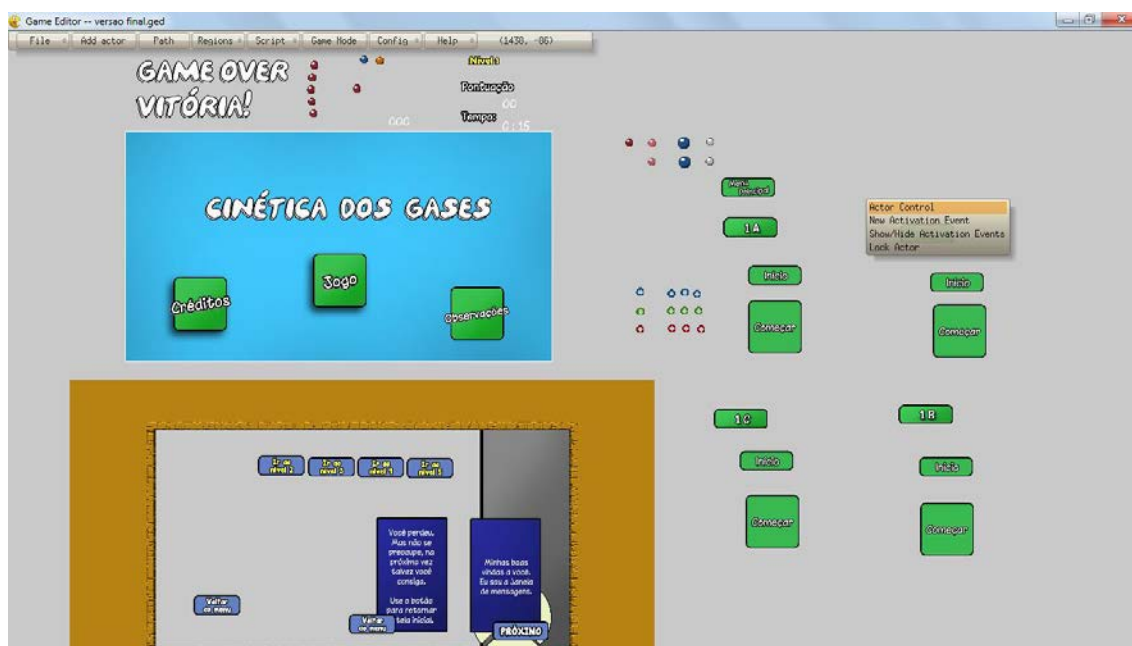


Figura 5.25 - Construção do jogo no Game Editor. À direita foram colocados os atores relativos a parte de simulações do jogo. Botões e telas de mensagens foram colocados na região de baixo. Partículas e demais atores foram organizados acima da tela inicial.

Fonte: Autor

Durante a execução do jogo, quando um ator é criado sua posição em coordenadas bidimensionais é especificada no editor de scripts. Por isso, as posições em que colocamos esses atores na tela do *Game Editor* é irrelevante sob o ponto de vista da programação. A disposição dos elementos observada na figura 5.25 teve apenas a finalidade de tornar o processo mais organizado.

A programação mais complexa tem início a partir do evento de clique do mouse sobre o botão "Jogo". Esse evento foi configurado para que todos os atores presentes no momento sejam destruídos e todos os atores que constituem o primeiro nível do jogo sejam criados durante sua execução, conforme observado na figura 5.14. Além disso, uma variável chamada "mensagem" é criada e a ela é atribuído um determinado valor inicial, que corresponde a qual mensagem será exibida no menu do jogo naquele momento.

Para isso, o ator da tela de mensagens possui um evento configurado chamado "Draw Actor". Esse evento ocorre continuamente enquanto o ator existe durante o jogo. Esse evento foi configurado de modo a sempre considerar o valor da variável

"mensagem" e mudar o gráfico da tela de mensagem de acordo com ele através de um sistema de condicionais (figura 5.26).

Além do ator da janela de mensagens, um outro ator chamado de botão "Próximo" aparece no mesmo menu. Ele foi configurado para aumentar o valor da variável "mensagem" em uma unidade toda vez que o jogador clicar sobre ele, consequentemente mudando a mensagem exibida (figura 5.27).

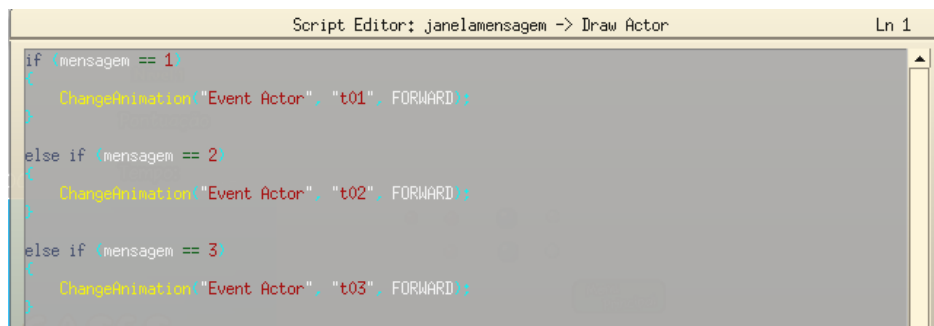


Figura 5.26 - Parte da configuração da janela de mensagens. Esse ator foi configurado para assumir diferentes gráficos dependendo do valor da variável "mensagem".

Fonte: Autor

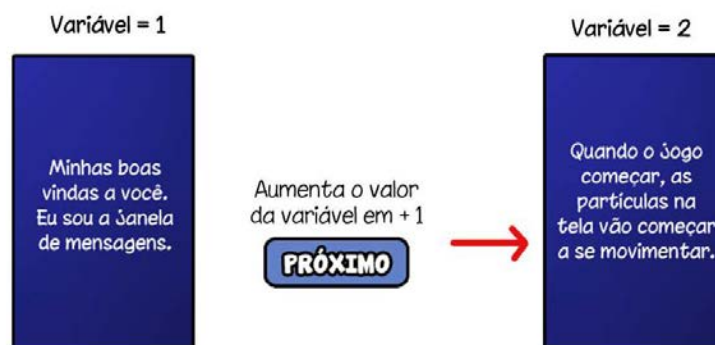


Figura 5.27 - Mudança de gráficos por variável. Quando a variável tem valor igual a 1, o gráfico à esquerda é exibido. Ao clicar no botão "Próximo" mostrado no centro da figura, a variável assume outros valores, mudando o gráfico exibido.

Fonte: Autor

Assim, foi possível criar uma janela de mensagens que só aparece no menu nos momentos em que é necessário explicar algo ao jogador que, por sua vez, pode ler as instruções em seu próprio ritmo fazendo uso do botão "Próximo".

No *Game Editor*, a qualquer ator pode-se atribuir velocidades horizontais (relativas ao eixo x) e verticais (relativas ao eixo y), ou seja, qualquer ator pode se movimentar pelo plano da tela com uma certa velocidade vetorial resultante. Essas duas velocidades são propriedades que os atores no software possuem e são chamadas de "xvelocity" e "yvelocity" respectivamente. O padrão é que os atores tenham velocidade nula, e portanto, a menos uma velocidade inicial seja configurada, toda vez que um novo ator é criado durante o jogo, esse será estático.

De fato, esse é o caso da maioria dos atores no jogo. Porém a ideia do projeto era ter elementos em movimento pela tela do jogo simulando partículas de gases. Por isso usamos essa propriedade para movimentar os atores das esferas.

Primeiramente, quando o jogador clica sobre o botão "Jogo", todas as esferas que são vistas na tela são criadas uma a uma em suas respectivas posições iniciais e com velocidade nula. Assim o jogador pode observá-las enquanto lê as mensagens, sem se preocupar com movimentos. A movimentação só terá início assim que o jogador clicar sobre a esfera vermelha no centro na tela, que será a única controlada por ele.

O clique sobre essa esfera durante o jogo executa outra sequência de ações programadas pelo editor de scripts. Primeiro a esfera vermelha na tela é destruída. Em seu lugar, um novo ator chamado "player" é criado na mesma posição e com o mesmo gráfico, porém esse ator está configurado para seguir o cursor do mouse o tempo todo e isso permite que o jogador o controle.

Então as esferas azuis e laranjas na tela são todas destruídas e, em seguida, são criadas uma a uma novamente nas mesmas posições, só que dessa vez velocidades no eixo x e y são atribuídas a cada uma. Fizemos dessa forma porque quando programamos as propriedades "xvelocity" ou "yvelocity" de um determinado ator, apenas o último ator criado daquele determinado tipo é afetado. Porém nosso intuito era criar um sistema onde cada esfera se movimentasse com velocidades e direção diferentes, por isso é necessário que esses atributos sejam configurados à medida que elas vão sendo recriadas. Parte do script responsável por essas ações pode ser visto na figura 5.28 a seguir.

```
CreateActor("s1blue", "bola azul", "(none)", "(none)", -450, -200, true);
s1blue.xvelocity = rand(10) - 5;
s1blue.yvelocity = rand(10) - 5;
CreateActor("s1blue", "bola azul", "(none)", "(none)", -450, -100, true);
s1blue.xvelocity = rand(10) - 5;
s1blue.yvelocity = rand(10) - 5;
```

Figura 5.28 - Atribuição de movimentos aleatórios. Nessa tela do editor de scripts esferas azuis são criadas e, a cada uma, velocidades aleatórias são atribuídas.
Fonte: Autor

Na primeira linha do código da figura o ator de nome "s1blue", que é o nome do ator referente à esfera azul, é criado nas coordenadas (-450, -200) da tela do jogo. Na segunda linha, foi escrito um comando para atribuir um valor aleatório gerado pelo programa que pode variar dentro do intervalo de -5 a 5 para a velocidade no eixo x (configurando a propriedade "xvelocity"). Na terceira linha o mesmo é feito para a velocidade no eixo y. Uma vez que essas velocidades podem assumir valores positivos ou negativos, o vetor resultante delas poderá ser um vetor com diferentes intensidades e com sentidos apontando para qualquer um dos quatro quadrantes do plano. Esses valores gerados são diferentes a cada vez que o jogo é executado. Na quarta linha da figura uma nova esfera azul é criada em coordenadas diferentes, e então o mesmo processo é feito para sua velocidade em x e em y.

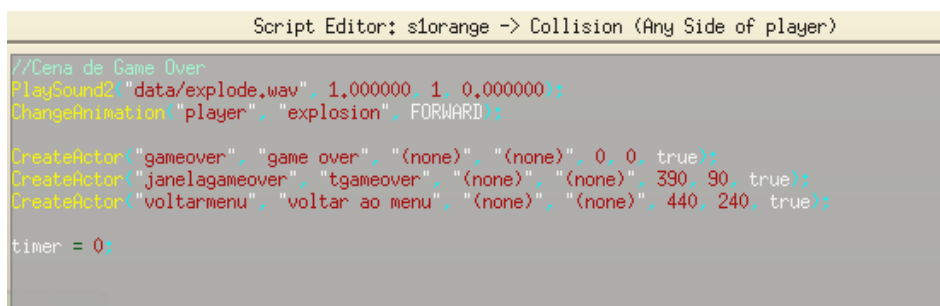
Todas essas ações decorrentes do primeiro clique na esfera vermelha durante o jogo ocorrem instantaneamente, portanto a impressão que o jogador tem ao fazê-lo não é a que alguma esfera foi destruída ou criada, mas sim que as esferas que antes estavam em repouso começaram a se movimentar. As de cores laranja e azul passam a se mover de maneira retilínea e aleatória de acordo com previsto pelo modelo cinético descrito por Atkins e Paula (2011), enquanto a esfera vermelha se desloca de acordo com os movimentos do mouse.

No entanto, não queríamos representar partículas que apenas se movimentassem como gases, mas sim que também colidissem como gases. Ou seja, as esferas que se movem pela tela deveriam ser configuradas para apresentar colisões elásticas com outras. Felizmente, um dos eventos mais comuns que podem ser configurados em softwares como o Game Editor é o de colisão entre seus elementos. O programa também traz uma ação pronta chamada de "Physical Response" que pode ser usada em

conjunto com um evento de colisão entre dois atores justamente para simular uma colisão elástica entre os dois.

Sendo assim, configuramos os dois atores que representam todas as esferas laranjas e azuis para apresentarem colisões elásticas com qualquer outro ator no jogo. Desse modo além de colidirem entre si elasticamente, essas esferas são rebatidas ao colidirem com a parede do sistema ou com a esfera vermelha sob o controle do jogador.

Além disso, dois tipos de colisões em especial foram configuradas à parte. O primeiro diz respeito a quando uma esfera laranja colide com a esfera vermelha. Esse evento ativa todas as ações necessárias para mostrar que o jogador perdeu, afinal o principal objetivo do jogo é fazer com que a esfera vermelha se esquive das laranjas. Portanto nessa ocasião programamos o seguinte:



```
Script Editor: slorange -> Collision (Any Side of player)

//Cena de Game Over
PlaySound2("data/explode.wav", 1.000000, 1, 0.000000);
ChangeAnimation("player", "explosion", FORWARD);

CreateActor("gameover", "game over", "(none)", "(none)", 0, 0, true);
CreateActor("janelagameover", "tgameover", "(none)", "(none)", 390, 90, true);
CreateActor("voltarmenu", "voltar ao menu", "(none)", "(none)", 440, 240, true);

timer = 0;
```

Figura 5.29 - Configuração das ações que determinam o fim do jogo.

Fonte: Autor

Na programação da figura 5.29 observamos três partes: na primeira o gráfico do ator da bola vermelha, "player", muda para uma animação que simula uma explosão. Na segunda parte são criados três novos atores: os dizeres "Game Over" no centro da tela que podemos observar na figura 5.30, uma janela de mensagem que comunica ao jogador que ele perdeu e um botão para o reinício do jogo. Na terceira parte à variável "timer", criada para controlar a contagem de tempo no menu, é atribuído o valor zero, o que faz com que ela seja interrompida.



Figura 5.30 - Tela de Game Over do jogo. Na parte central superior é possível observar gráficos similares a uma explosão que sinalizam a destruição da esfera vermelha controlada pelo jogador. No menu lateral é criada uma nova mensagem.

Fonte: Autor

Por outro lado, no caso de uma colisão entre a esfera vermelha do jogador e uma esfera azul, queríamos simular uma transformação química desta última. Além disso, como é esse o objetivo secundário, o jogador deveria também receber um ponto por isso. Sendo assim, para esse evento a seguinte sequência de ações foi programada:

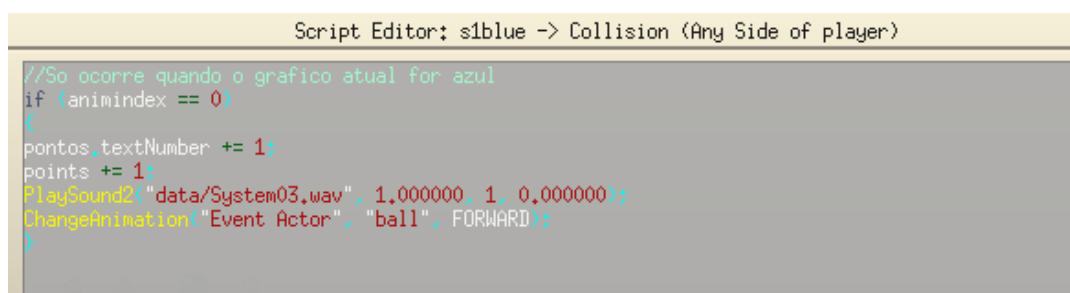


Figura 5.31 - Configuração da colisão entre esferas azul e vermelha.

Fonte: Autor

Na segunda linha da programação da figura 5.31 foi inserida uma condicional que determina que todas as ações seguintes só devem ocorrer caso o gráfico atual daquele ator seja o de uma esfera azul. Isso foi feito para prevenir que o jogador

consiga pontos por colidir com esferas cinzas e, portanto, já passaram por todo o processo a seguir. Na quarta linha observamos o comando para que seja adicionado uma unidade no mostrador de pontos que é exibido no menu durante o jogo. Na quinta linha é adicionada uma unidade à variável "points", que foi uma variável criada por nós para sempre carregar o valor da quantidade de pontos que o jogador faz. A sexta linha se refere à execução de um efeito sonoro que pode ser escutado durante a colisão no jogo. Finalmente a sétima linha contém o comando responsável por trocar o gráfico de esfera azul do ator por um gráfico de esfera cinza.

Assim, sempre que a esfera vermelha colidir com uma partícula azul, essa continuará existindo e manterá sua posição, porém se tornará cinza. Isso faz com que o jogador ganhe um ponto, e portanto, enquanto desvia das esferas laranjas, irá buscar colidir com as azuis. Por isso o jogador terminará o jogo com mais ou menos pontos conforme o seu sucesso. No entanto, caso ele faça movimentos muito arriscados em busca de colisões com esferas azuis, suas chances de colidir com uma laranja e perder o jogo aumentam.

Podemos observar no jogo os elementos essenciais definidos por McGonigal (2011). O objetivo do jogador é “sobreviver” durante um certo tempo. As regras são o que define que ele pode mover a esfera vermelha de uma certa forma, pode colidir com as azuis, mas não pode colidir com as laranjas, etc. O feedback é representado por um conjunto de elementos: os pontos que são acumulados, os níveis que são alcançados, a marcação do tempo e até mesmo os próprios gráficos exibidos na tela. A participação voluntária está inevitavelmente presente no ato de usar o jogo.

Em seu trabalho, Weiller (2012) elenca os principais tipos de desafio que um jogo pode apresentar. No jogo "Cinética Química" inserimos basicamente três deles que destacamos a seguir:

Desafios de coordenação - São aqueles que exigem que o jogador faça determinados movimentos em momentos e situações específicas, presentes na maioria dos jogos digitais. No jogo desenvolvido nesse trabalho esse é provavelmente o tipo mais presente, pois durante todo o tempo o jogador deve controlar uma pequena esfera com auxílio do mouse, fazendo-a desviar de certos elementos e colidir com outros, ações essas que exigem muita coordenação motora.

Desafios de reflexo e reação - Acontecem em conjunto com os de coordenação durante o nosso jogo, pois as mesmas ações que exigem coordenação do jogador, também exigem que ele decida e reaja rapidamente movimentando a esfera vermelha para uma determinada posição, afinal, principalmente nos últimos níveis do jogo, não serão raras as situações em que esferas laranjas se apresentarão em rota de colisão com o jogador.

Desafios de lógica e dedução - São aqueles desafios que exigem o uso estratégia e pensamento lógico para serem resolvidos. São mais explícitos em outros tipos de jogos que apresentam enigmas que apenas podem ser resolvidos com uma determinada estratégia. Porém, embora exista a possibilidade do jogador vencer o "Cinética Química" contando apenas com seus reflexos e coordenação, é possível desenvolver algumas estratégias que facilitem o processo como, por exemplo, colidir com as partículas de determinadas formas de modo a diminuir suas velocidades, prevenindo assim que as partículas laranjas adquiram uma alta velocidade.

Esses diferentes tipos de desafio funcionam em conjunto durante o Cinética Química conferindo-lhe um certo grau de dificuldade. Isso é importante porque um jogo muito fácil, que não apresenta nenhum desafio para as habilidades de um jogador, não desperta seu interesse. Por outro lado, um jogo que seja muito difícil pode frustrar o jogador que nunca consegue alcançar nenhum objetivo.

Sendo assim construímos a estrutura do jogo de modo a apresentar cinco níveis de dificuldade crescente. O jogador só tem acesso ao próximo nível quando consegue passar pelo anterior, ou seja, consegue evitar colisões entre a esfera vermelha e a laranja durante um tempo determinado. Enquanto o primeiro nível é relativamente fácil e não oferece muito desafio, o último nível é mais difícil e exigirá muito mais do jogador. No entanto, apesar de fácil, o primeiro nível serve para que o jogador entenda melhor como funciona a dinâmica do jogo, se preparando assim para os níveis seguintes.

Gee (2005a) destaca como um dos princípios que influenciam na motivação, o fato de um jogo poder ser "prazerosamente frustrante", se referindo àqueles que apresentam desafios que são possíveis de serem superados pelo jogador. Nossa intenção, ao fazer o jogo com essa estrutura em níveis de dificuldade crescente, é a de que o jogador, mesmo perdendo em um determinado nível, se veja motivado a chegar cada vez mais longe. Além disso, o sistema de pontos no jogo deve fazer com que aquele

jogador que conseguiu vencer o jogo possa medir com qual eficiência o fez, e se sentir motivado a conseguir uma pontuação maior quando jogar outra vez.

5.4 Analogias no jogo criado

O projeto do jogo foi feito de modo a apresentar analogias envolvendo conceitos de cinética química ou, mais especificamente, conceitos sobre o comportamento dos gases discutidos no primeiro capítulo deste trabalho. Dessa forma, os elementos e fenômenos inseridos no jogo fazem o papel de conceitos análogos, enquanto os conteúdos teóricos de cinética química fazem o papel de conceitos alvos. Organizamos esses conceitos no quadro 1 e a seguir discutimos sobre cada analogia.

Quadro 1 - Conceitos análogos presentes no jogo e seus respectivos conceitos alvos teóricos.

Conceito análogo	Conceito alvo
Movimento retilíneo das esferas pela tela	Moléculas do gás se encontram em movimento retilíneo
Aleatoriedade dos movimentos	Moléculas do gás se encontram em movimento aleatório
Cores diferentes das esferas	Gases diferentes possuem propriedades diferentes
Mudança de cores das esferas	Moléculas de gases só interagem quando colidem
Colisão elástica entre as esferas	Colisão elástica entre moléculas de um gás

Na coluna esquerda da tabela temos os conceitos presentes no jogo e na coluna direita temos os conceitos alvos do modelo cinético dos gases relativos a cada um deles. Convém lembrar que essa tabela contém apenas relações positivas da analogia jogo-

teoria segundo a classificação de Harrison e Coll (2008), o que não significa que não existam relações negativas também, porém estas serão discutidas posteriormente.

A relação de semelhança mais elementar se dá entre os gráficos das esferas no jogo e as partículas de gases. Ou seja, para que a analogia tenha sentido é preciso primeiramente que cada esfera presente no jogo seja relacionada com uma partícula de um gás, do contrário as demais relações de semelhança não podem ser construídas.

Essas esferas sempre se movimentam de maneira retilínea pela tela, nunca fazendo trajetórias curvas assim como teoricamente se movimentam as partículas de um gás. Além disso, as esferas no jogo, apesar de se encontrarem inicialmente em uma disposição organizada, se movimentam de forma aleatória e consequentemente adquirem configurações diferentes e aleatórias a cada momento, constituindo assim mais um conceito análogo da maneira como devem se movimentar partículas de um gás.

Segundo Atkins e Paula (2011), uma das hipóteses nas quais se baseia o modelo cinético dos gases é a do movimento aleatório incessante de suas partículas. Outra hipótese é a de que *"as moléculas só interagem quando em contato nas colisões elásticas, que não são frequentes"*.

Esse conceito alvo também está em parte presente no jogo, no qual as esferas só interagem quando colidem umas com as outras. Essa interação pode ser apenas uma colisão elástica na qual a energia cinética de translação total das duas esferas permanece constante caso a colisão não envolva a esfera vermelha que é controlada pelo jogador. No entanto, caso uma a colisão seja entre a esfera vermelha e uma azul, esta última muda para a cor cinza. Essa troca de cor representa uma mudança nas propriedades daquela partícula.

Assim, o jogador pode facilmente relacionar a maneira como interagem as partículas de um gás com aquilo que ele observa no jogo: partículas que se movimentam aleatoriamente de maneira retilínea, realizam colisões elásticas e só interagem durante essas colisões.

Essas diferentes relações de semelhança que podem ser feitas entre jogo e teoria caracterizam a analogia entre os dois como sendo uma analogia ampliada, segundo o conceito de Harrison e Coll (2008) discutido no capítulo 3. Analogias ampliadas não são fáceis de serem empregadas e desenvolvidas na explicação de um determinado

assunto pois não são muitos os conceitos que podem fazer o papel de conceito-análogo adequadamente. Porém o fato de termos planejado e elaborado o jogo com esse objetivo nos possibilitou criar um recurso do tipo.

No entanto, conforme explicado no capítulo 3, nem sempre todas as relações em uma analogia são perfeitas e, portanto, os pontos de diferença entre dois conceitos também devem ser observados. As cores das esferas do jogo, por exemplo, são meramente fictícias, pois elas representam moléculas que na realidade não apresentam cores dessa forma. Outras relações negativas que podem ser observadas na analogia entre o jogo e a teoria cinética dos gases estão organizadas no quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Diferenças entre o que ocorre no jogo e o que ocorre segundo a teoria.

No jogo	Na teoria
Formato esférico das partículas	Moléculas podem ter qualquer formato
Esfera vermelha pode se mover em qualquer tipo de trajetória	Partículas se movem de maneira retilínea
Esferas macroscópicas	Partículas submicroscópicas
Movimento bidimensional	Movimento tridimensional
Colisões frequentes	Colisões não são frequentes

Além das cores, o formato dos elementos do jogo não corresponde necessariamente à teoria. As partículas de um gás podem ser compostas por um conjunto de átomos ligados entre si, e, portanto, não seriam esféricas conforme estão representadas no jogo. Mesmo considerando gases monoatômicos, como é o caso dos gases nobres, seus átomos na realidade não são esferas opacas e maciças e, portanto, a representação no jogo ainda não seria perfeita. Por esse motivo, na parte de simulações

inserida no jogo, as partículas possuem formatos de anéis circulares. O motivo pelo qual utilizamos também esses gráficos é o fato dos átomos terem seus volumes formados, em sua maior parte, por espaço vazio. Nossa intenção ao utilizar um tipo de representação nas simulações e outra na parte dinâmica do jogo foi a de facilitar a interpretação do jogador que, na realidade, as partículas não necessariamente são maciças e com iguais formatos.

Uma outra diferença que pode parecer evidente para professores mas pode causar confusão para alunos é em relação ao tamanho das partículas. No jogo elas são representadas por gráficos macroscópicos, porém na realidade essas partículas são moléculas submicroscópicas. Por isso, o tamanho dessas moléculas é desprezível em comparação à distância média percorrida por elas entre duas colisões sucessivas, que é muito maior (Atkins e Paula, 2011). Mas no jogo os tamanhos das esferas não são desprezíveis. Embora tenhamos tomado o cuidado de criar gráficos pequenos, é impossível fazê-los em escala real. Por esse motivo, as colisões no jogo se dão em uma frequência maior do que a esperada, principalmente nos níveis em que há uma quantidade muito grande de esferas no espaço limitado da tela.

Outra relação negativa que pode ser feita é em relação ao número de dimensões dos movimentos observados. Por se tratar de um jogo bidimensional, todos os elementos nele se movem bidimensionalmente apenas. No entanto, as partículas de um gás se movem no espaço tridimensional, que não foi possível simular em um jogo feito por meio do Game Editor.

Por fim, o movimento da esfera vermelha foge do padrão esperado para uma molécula de um gás em dois aspectos. Primeiro porque o seu movimento é totalmente arbitrário pois ela segue os movimentos do jogador com o mouse, podendo então mudar de velocidade e direção mesmo sem colidir com nenhum objeto e portanto não se movimentando como uma molécula real. Segundo porque as colisões entre ela e outras esferas não são elásticas pois a energia cinética que deveria ser transferida é irrelevante para a esfera vermelha, uma vez que ela se move apenas de acordo com os comandos do jogador. Por esse motivo, a esfera vermelha no jogo não deve ser interpretada como uma representação de partícula de gás comum que se move livremente.

Por outro lado, isso possibilita que o jogador altere a energia cinética das partículas por meio de seus movimentos. Por exemplo, se o jogador colidir, a esfera

vermelha com uma cinza em um movimento muito brusco do mouse, isso fará que a esfera cinza adquira muita energia cinética e, portanto, passe a se movimentar com uma velocidade alta. Essa esfera, por sua vez, irá colidir elasticamente com outras, aumentando assim a energia cinética do sistema. Após algumas colisões, as esferas estarão se movimentando mais rapidamente pela tela e, portanto, o desafio de se esquivar das esferas laranja se tornará mais difícil.

O contrário também pode ocorrer, ou seja, o jogador pode propositalmente colidir a esfera vermelha com outras de modo a diminuir a energia cinética delas, consequentemente diminuindo a energia de todo o sistema e tornando o jogo mais fácil. De fato, essa é uma estratégia com base científica que o jogador pode utilizar para atingir o objetivo do jogo.

O jogo, portanto, foi feito de maneira que possa ser usado em uma analogia no estudo de conceitos de Química, porém toda analogia é imperfeita em alguma intensidade. Apesar de dedicarmos atenção especial às relações positivas que fazem parte dessa analogia, é inegável a existência de alguns pontos que podem gerar relações negativas, ou seja, diferenças entre o jogo e a realidade. Por isso, caso o jogo seja empregado em um contexto de ensino-aprendizagem, convém que o aprendizado seja mediado pela figura do professor, que deve discutir e evidenciar todas essas relações.

Como forma a validar nossa análise, consultamos três docentes (aos quais nos referiremos como professores A, B e C) que lecionam assuntos relacionados a Físico-Química em três universidades distintas. Esses professores testaram nosso jogo e posteriormente responderam a um questionário (em anexo) no qual apontaram os pontos positivos e negativos da analogia entre o jogo e a teoria.

O professor A destacou, como ponto positivo, o movimento e o processo de colisão entre as partículas que é (aparentemente) caótico no jogo, assim como na teoria. Além disso, destacou que é possível visualizar partículas com diferentes velocidades, o que está de acordo com a distribuição de Maxwell, discutida no capítulo 1. Outro ponto foi a possibilidade de relacionar o aumento do número de partículas ao longo dos níveis com o aumento da frequência das colisões e a diminuição do livre percurso médio entre elas. Por fim, a parte das observações do jogo também foram mencionadas por representarem adequadamente a dinâmica de mistura de gases, evidenciando como

opera a 2ª lei da termodinâmica, que informa que a quantidade de entropia de um sistema isolado tende a incrementar-se conforme o tempo passa.

O professor B mencionou as colisões elásticas entre as partículas do jogo e também a variação de suas velocidades e direções depois de cada colisão. A professora C destacou o fato de que a dinâmica de partículas submicroscópicas, que não pode ser visualizada pelos estudantes no mundo real, é representada no jogo e facilmente visualizada. Além disso, o fato da analogia trabalhar com esferas foi apontado como ponto positivo por se tratar de um objeto familiar aos alunos.

Como ponto negativo, o professor A destacou o movimento curvo e arbitrário da esfera vermelha do jogo, que foge do previsto pela teoria da cinética de gases. O jogador pode manter a esfera estacionada e controlar com quais outras esferas ela irá colidir, influenciando assim a entropia colisional do sistema. A pequena explosão que surge quando a esfera vermelha colide com uma esfera laranja destruindo a primeira também é questionada pelo docente, pois não fica claro o que esse fenômeno representa teoricamente. Além disso, apontou também que as esferas azuis e cinzas podem ganhar muita velocidade ao colidirem com a vermelha, aumentando a energia cinética do sistema - fenômeno decorrente do fato que o jogador pode controlar a velocidade desta última.

Do mesmo modo, o professor B também destacou o aumento das velocidades das partículas decorrente das colisões feitas pelo jogador. Além disso, mencionou o volume das partículas no jogo, que é maior do que são na realidade. Por fim, a professora C citou a forma esférica das partículas representadas no jogo, que na realidade podem variar de acordo com cada molécula de gás, destacando por isso a importância da mediação do educador para que os estudantes não façam uma interpretação indesejada.

As análises dos três professores foram organizadas quadro 3 a seguir. Elas nos sugerem que, além das relações positivas e negativas da analogia jogo-teoria que havíamos previsto e elencado nos quadros 1 e 2, outras relações podem ser identificadas e trabalhadas em um mesmo jogo, dependendo da abordagem do professor. Notamos também que algumas delas coincidiram com as apontadas por nós, como é o caso da aleatoriedade dos movimentos e colisões elásticas (como pontos positivos), e formato

não esférico das moléculas reais e movimento arbitrário da partícula vermelha (como pontos negativos).

Quadro 3 - Pontos positivos e negativos no jogo apontados pelos professores consultados.

Pontos positivos observados no jogo	Pontos negativos observados no jogo
Processo caótico de colisões	Movimento curvo e arbitrário da esfera vermelha
Partículas com diferentes velocidades	
Possibilidade de relacionar número de partículas com frequência de colisões	Explosão não explicada ao se perder o jogo
Demonstração de entropia	Mudança da energia cinética do sistema
Colisões elásticas	
Variação de direção das velocidades após colisões	Volume das partículas no jogo
Possibilidade de imaginar partículas invisíveis	
	Forma esférica das partículas

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analogias podem ser utilizadas como instrumentos que auxiliam o processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos quando estes, a princípio, parecem demasiadamente complexos aos olhos do aluno. Muitas ferramentas podem ser utilizadas para se construir uma analogia: objetos, situações vivenciadas pelo aluno, outros conceitos científicos, etc. Uma dessas ferramentas são os jogos.

Portanto, neste trabalho, produziu-se um jogo que pode ser usado especialmente como conceito análogo em uma abordagem sobre o modelo cinético dos gases. Desse modo o jogo foi elaborado seguindo não apenas os conceitos abordados na físico-química, mas também pensando na forma como os seus elementos podem se relacionar com a teoria.

Assim, o intuito foi o de demonstrar de que forma é possível a construção de uma mídia desse tipo, a qual, espera-se, seja de grande utilidade no ensino já que muitos estudantes apresentam um interesse especial por jogos digitais.

A construção do jogo analisado no trabalho, no entanto, envolveu uma série de processos de áreas diversas, tais como produção de gráficos, estudo de conceitos teóricos, planejamento e montagem do jogo através de softwares específicos para esse fim.

Portanto, a conclusão a que chegamos é que a construção de um jogo didático não é um processo trivial, mesmo com o auxílio de programas que facilitam o trabalho. Assim, não podemos esperar que todos os educadores produzam esse tipo de mídia. Na realidade a intenção é a de que elas sejam produzidas para depois serem utilizadas pelos educadores e, preferencialmente, que esse desenvolvimento se dê em conjunto com educadores, pois eles possuem domínio dos diversos conceitos teóricos envolvidos e dominam a didática necessária à aplicação.

Um dos princípios que podem transformar um jogo num instrumento interessante de aprendizado é que a performance ocorra antes da competência (GEE, 2005). Ou seja, neles as pessoas tem a oportunidade de experimentar e interagir com seus elementos antes mesmo de terem estudados sobre eles e adquirirem a competência para tomarem as ações e chegarem a conclusões corretas. Assim, os jogadores se sentem

mais livres para arriscar, ao contrário do que ocorre no ambiente escolar, onde frequentemente primeiro os alunos devem estudar um determinado tema para só depois se sentirem seguros para partir à parte prática. É isso que ocorre no jogo Cinética Química, analisado no trabalho. O jogador tem a oportunidade de interagir com um sistema que representa partículas de um gás, sem necessariamente ter estudado seus conceitos teóricos anteriormente.

Porém, nesse sentido é importante destacar que mesmo que tenha sido produzido com intuítos educacionais, o jogo sozinho não é garantia que algo seja ensinado. O jogo não traz conceitos teóricos de maneira totalmente explícita, portanto não podemos esperar que um jogador totalmente leigo em Química aprenda conceitos sobre movimento de gases apenas por ter interagido com o jogo. Ele foi produzido de modo que possa ser utilizado em conjunto com a atuação do professor. Sempre caberá ao professor criar a analogia entre aquilo observado no jogo e os conceitos de Cinética Química. É possível que um aluno faça essas relações sozinho caso esteja estudando o tema por meio de livros, por exemplo, porém sem a mediação do professor ele ainda estaria sujeito a estabelecer relações errôneas, como ocorre durante o uso de qualquer modelo em Ciências. O educador pode inclusive aproveitar as relações negativas da analogia jogo-teoria que explicitamos no capítulo 5 para uma discussão mais enriquecedora.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO JÚNIOR, W.; KOBAYASHI, M. C. M. Os jogos eletrônicos no imaginário infantil: 25 anos de tetris. In: **LECOTEC - II Simpósio de comunicação tecnologia e educação cidadã**. Nov. 2009.
- ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- AUBUSSON, P. G.; FOGWILL, S. Role-play as analogical model in science. In: AUBUSSON, P. G.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. **Methaphor and analogy in Science Education**, Dordrecht: Springer, 2006. p. 93-104. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3830-5_8>. Acesso em: 10 de out. 2014.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BOGOST, I. **Persuasive Games**. Londres: The MIT Press, 2010.
- CAVALEIRO, M. N. G. C.; BELEZA, M. D. **FQ8 - Sustentabilidade na Terra**, Porto: Edições Asa. 2009.
- CHANDLER, H. M. **Manual de Produção de Jogos Digitais**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow: the psychology of optimal experience**. Nova York: HarperCollins, 2008.
- FEYNMAN, R. P. **Six easy pieces**. New York: Basic Books, 2011.
- FISCARELLI, S. H.; OLIVEIRA, L. A. A.; BIZELLI, M. H. S. S. **Desenvolvimento de animações para o ensino de Química: fundamentos teóricos e desenvolvimento**. 2010. Disponível em: <<http://www.calculo.iq.unesp.br/PDF/deseanimateometodo.pdf>>. Acesso em: 20 de jan. 2015.
- GEE, P. J. **Good video games and good learning**, Phi Kappa Phi Forum, 2005a. Disponível em: <<http://www.jamespaulgee.com/node/17>>. Acesso em: 26 de março de 2012.
- _____. **The classroom of popular culture**. Harvard Education Letter, 2005b. Disponível em <https://datacenter.spps.org/uploads/SOTW_Classroom_of_Popular_Culture_12_09_05_2.pdf>. Acesso em 15 de jul. 2014.
- GREENWOOD, D. Videogames violentos têm efeitos negativos em crianças. **Scientific American Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/videogames_violentos_tem_efeitos_negativos_em_crianças.html>. Último acesso em: 20 de out. 2014.

GREENEMEIER, L. Jogos eletrônicos violentos corrompem crianças. **Scientific American Brasil**. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/jogos_eletronicos_violentos_corrompem_crianças_.html> Último acesso em: 20 de out. 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

HARRISON, A. G.; COLL, R. K. **Using analogies in middle and secondary science classrooms**: The FAR guide - an interesting way to teach with analogies. Corwin Press, 2008.

HAWKING, S. **A Brief History of Time**. New York: Bantam Books, 1988.

LIMA, E. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de Química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P., MOITA, F. M. G. S. C., e CARVALHO, A. B. G., (orgs.) **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011. 276 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/6pdyn/pdf/sousa-9788578791247-06.pdf>> Último acesso em 27 de jan. 2015.

MCGONIGAL, J. **Reality is broken**: why games make us better and how they can change the world. Londres: Penguin Books, 2011.

PRIBERAM, Dicionário online, 2014. Disponível em: <www.priberam.pt/DLPO/> Último acesso em 12 de dez. 2014.

RAMOS, M. T. G. Analogies as Tools for Meaning Making in Elementary Science Education: How Do They Work in Classroom Settings. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 7, n. 1, p. 29-39, 2011.

SANTOS, L. M. A., TAROUÇO, L. M. R. **A importância da Teoria da Carga Cognitiva em uma educação tecnológica**. Novas Tecnologias na Educação (CINTED-UFRGS), vol. 05, n. 01, 2007.

WEILLER, T. A. **Game Design Inteligente**: elementos de design de videogames, como funcionam e como utilizá-los dentro e fora de jogos. Dissertação. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

ANEXO A - Questionário aplicado com os professores

O jogo tem como objetivo apresentar uma analogia a respeito do comportamento da matéria no estado gasoso. Consideremos que os átomos, ou moléculas, que compõem o gás têm as suas propriedades descritas pelo modelo do gás ideal.

Toda analogia apresenta um **conceito análogo** e um **conceito alvo**. Nesse caso, o conceito análogo é o jogo em si, que será relacionado com o conceito alvo, que é o modelo dos gases ideais.

Em uma analogia, essas relações entre os dois conceitos podem ser **positivas** ou **negativas**. As relações positivas são aquelas em que os dois conceitos são similares. As negativas são aqueles aspectos que são diferentes nos dois conceitos.

Por exemplo, consideremos uma analogia que tenha um “pudim de passas” como conceito análogo e o modelo atômico segundo a proposição de J.J. Thomsom como conceito alvo. Nesse caso uma relação positiva poderia ser a estrutura dos dois conceitos. Uma relação negativa seria o tamanho relativo de ambos: o átomo é muito menor que um pudim.

Tendo as considerações apresentadas acima como referencial gostaríamos que o senhor(a) respondesse as questões a seguir:

Questões

1. Quais são as relações positivas observadas na analogia apresentada pelo o jogo e o modelo do estado gasoso (modelo de gás ideal)? Ou seja, em quais aspectos se assemelham?
2. Quais são as relações negativas? Ou seja, em quais aspectos se diferenciam?
3. Quais as suas sugestões para aperfeiçoar o jogo tendo o modelo do gás ideal como o conceito alvo a ser desenvolvido?