

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**LUCAS TRENTIM NAVARRO DE ALMEIDA**

**JOGO DIGITAL EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CORRENTE ELÉTRICA**

**BAURU  
2015**

LUCAS TRENTIM NAVARRO DE ALMEIDA

**JOGO DIGITAL EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CORRENTE ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Computação da Faculdade de  
Ciências da Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de  
Bauru.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massashiro  
Yonezawa

BAURU  
2015

## **DEDICATÓRIA**

À minha querida mãe, irmão, minha namorada Bruna e a toda minha família, que sempre me motivaram com muito carinho e amor. Sem vocês eu nunca teria chegado até esta etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha mãe Dalva, que com muita sabedoria e amor, me aconselhou e incentivou em todos os momentos difíceis da minha vida.

A minha namorada Bruna, por todos os “empurrãozinhos” nas horas em que o cansaço e o desânimo apareciam e por todas as dicas que me ajudaram muito na elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wilson Massashiro Yonezawa por todo o conhecimento e sabedoria que me proporcionou, pela paciência que teve comigo ao sanar minhas dúvidas e pelos sábios e valiosos conselhos.

A toda minha família, pelo apoio que sempre me deram.

Aos meus amigos Giullio, Pedro, Wellington e Bruno, pela amizade e suporte em diversos momentos durante toda a faculdade.

Aos meus amigos e colegas de curso que estiveram comigo durante esses quatro anos de muita luta e esforço.

Agradeço de coração as professoras Andréa e Simone que, durante o período que foram coordenadoras do curso, não mediram esforços para ajudar a solucionar os problemas de todos os alunos.

Agradeço a todos os professores não só por terem compartilhado seus profundos conhecimentos sobre as diversas áreas da computação, mas por me ajudarem a evoluir como pessoa.

## RESUMO

Com a crescente imersão da nova geração, denominada “Geração Z”, nas tecnologias digitais e devido às mudanças que esta convivência quase ininterrupta gera em seus hábitos, pensamentos e no funcionamento cognitivo, os métodos tradicionais de ensino estão perdendo sua eficiência. Como consequência, a percepção desses novos alunos em relação ao aprendizado é prejudicada, principalmente nas disciplinas cujo conteúdo é mais abstrato. Este projeto sugere a adaptação da didática atual numa tentativa de ajudar a solucionar este problema, utilizando um modelo mais análogo à forma que esta nova geração está acostumada a aprender. Para este propósito, este projeto teve como objetivo a construção de um protótipo de jogo educacional para o ensino dos conceitos físicos de corrente elétrica e diferença de potencial, utilizando para isto os conceitos de *Flow* e analogias como forma didática. O protótipo foi construído com sucesso baseado nestes conceitos, utilizando *Javascript* como principal linguagem de programação.

Palavras Chave: Jogo Educacional. Flow. Corrente Elétrica. Física Elétrica. Didática.

## **ABSTRACT**

With the increasing immersion of the new generation, called "Generation Z", in digital technologies and due to the changes that this almost uninterrupted interaction generates in their habits, thoughts and cognitive functioning, traditional teaching methods are losing their efficiency. As a result, the perception of these new students in relation to learning is impaired, especially in subjects whose contents are more abstract. This project suggests the adaptation of the present learning techniques as an attempt to aid in solving this problem by using a model more analogous to the way that this new generation is used to learn. For this purpose, this project aims to build an educational game prototype for teaching the physical concepts of electric current and potential difference, using the concepts of Flow and analogies as didactic. The prototype was successfully built based on these concepts, using *Javascript* as its main programming language.

**Keywords:** Educational game. Flow. Electric current. Electric Physics. Didacticism.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
DOTA	<i>Defense of the Ancients</i>
RPG	<i>Role Playing Game</i>
GBL	<i>Game Based Learning</i>
DGBL	<i>Digital Game Based Learning</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>

## LISTA DE IMAGENS

Figura 1- Combate entre jogadores no Dota 2.....	16
Figura 2- <i>Screenshot</i> do jogo “Paciência.....	17
Figura 3 – <i>Screenshot</i> do jogo Sim City 4.....	18
Figura 4 – <i>Screenshot</i> do jogo <i>Assassin’s Creed 4</i> .....	19
Figura 5 – <i>Screenshot</i> do jogo Tetris.....	20
Figura 6 – <i>Screenshot</i> do jogo <i>Fallout</i> .....	21
Figura 7 - <i>Screenshot</i> do jogo "Portal" .....	21
Figura 8 – <i>Screenshot</i> do jogo <i>Tetris Attack</i> . ....	23
Figura 9 - Diagrama de classificação de atividades. ....	26
Figura 10 – Curva característica do estado de <i>Flow</i> .....	39
Figura 11- Fluxograma do projeto.....	45
Figura 12- Painel de azulejos.....	51
Figura 13- <i>Tileset</i> 1, representando uma estrada de pedra. ....	52
Figura 14- <i>Tileset</i> 2, representando circuitos elétricos convencionais. ....	52
Figura 15- Pontos da rota no formato JSON. ....	54
Figura 16- Exemplo de rota gerada pelo algoritmo.....	55
Figura 17- Determinação da textura do bloco central .....	56
Figura 18- Valores de borda calculados para o <i>tile</i> central. ....	57
Figura 19- Estrada após a execução da função.....	58
Figura 20- Pedágio .....	59



## **LISTA DE QUADROS**

Tabela 1 - Tabela contendo as funcionalidades de cada framework .....	47
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>13</b>
1.1.1 <i>Objetivo geral.....</i>	<i>13</i>
1.1.2 <i>Objetivos específicos .....</i>	<i>13</i>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 O que são jogos .....</b>	<b>14</b>
2.1.1 <i>A interpretação de Johan Huizinga.....</i>	<i>14</i>
2.1.2 <i>A interpretação de Roger Caillois.....</i>	<i>15</i>
2.1.3 <i>A interpretação de Jane McGonigal .....</i>	<i>19</i>
2.1.4 <i>A interpretação de Jesper Juul.....</i>	<i>24</i>
<b>2.2 A história dos jogos .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Jogos Digitais .....</b>	<b>28</b>
2.3.1 <i>Definição .....</i>	<i>28</i>
2.3.2 <i>História.....</i>	<i>28</i>
2.3.3 <i>Tower Defense .....</i>	<i>29</i>
<b>2.4 Jogos digitais educacionais .....</b>	<b>30</b>
2.4.1 <i>O que são jogos educacionais .....</i>	<i>30</i>
2.4.2 <i>Por que usar jogos digitais no ensino .....</i>	<i>32</i>
<b>2.5 O processo de planejamento de jogos educacionais .....</b>	<b>34</b>
2.5.1 <i>Dificuldades.....</i>	<i>34</i>
2.5.2 <i>Game Based Learning (GBL) e Digital Game Based Learning (DGBL).....</i>	<i>35</i>
<b>2.6 O conceito do Flow .....</b>	<b>36</b>
2.6.1 <i>O que é Flow .....</i>	<i>36</i>
<b>2.7 O ensino através de analogias.....</b>	<b>40</b>
2.7.1 <i>Definição .....</i>	<i>40</i>
2.7.2 <i>Analogias no ensino .....</i>	<i>41</i>
<b>2.8 O ensino de física nas escolas.....</b>	<b>42</b>
<b>2.9 A importância do software educacional no ensino de física .....</b>	<b>43</b>
<b>2.10 Definição dos conceitos de física.....</b>	<b>44</b>
<b>3 MÉTODOS E MATERIAIS .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Pesquisa bibliográfica.....</b>	<b>46</b>
3.1.1 <i>Jogos Digitais: gênero e especificações.....</i>	<i>46</i>

3.1.2 Física Elétrica: quais conceitos serão abordados .....	48
3.1.3 Didática: como o aluno será ensinado.....	48
<b>3.2 Desenvolvimento do Jogo.....</b>	<b>49</b>
3.2.1 Flow .....	49
3.2.2 Gamedesign .....	50
3.2.3 Tiles, Tilemaps e Tilesets.....	50
3.2.4 O algoritmo de geração de rotas.....	52
3.2.5 Wang tiles .....	55
3.2.6 Sprites e Spritesheets .....	58
3.2.7 Pontuação.....	59
3.2.8 Atribuição das resistências.....	59
3.2.9 Linguagens utilizadas.....	59
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Planos Futuros.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aprendizado sempre fez parte da natureza humana. Distinguimo-nos dos demais habitantes deste planeta por sermos capazes de analisar o mundo ao nosso redor de forma lógica e estruturada, extraindo informações e conceitos sobre ele, usando para isso nossa poderosa máquina neural.

Mas tão importante quanto adquirir este conhecimento é permeá-lo, transmiti-lo para as próximas gerações. Através destas, o conhecimento conjunto abre as portas para o avanço científico e tecnológico. Para esse fim, utilizamos diversos aparatos e diferentes formas de linguagem, sejam essas escritas ou verbalizadas.

A forma cujo ensino é realizado tem importância fundamental na eficácia do aprendizado, incorporando aspectos tanto do aluno quanto do meio cujo conhecimento está sendo transferido. A didática<sup>1</sup> empregada, o interesse do aprendiz na nova informação e sua capacidade de reter ambos foco e atenção são apenas alguns dos aspectos que influenciam o rendimento do ensino (PORTAL EDUCAÇÃO, 2012).

Com o passar dos séculos, os métodos de ensino foram evoluindo e se ajustando ao avanço da tecnologia e mudanças socioeconômicas. O ensino deixou de ser um privilégio de uma fatia elitizada e passou a ser um direito e dever de todos os cidadãos, com crescentes investimentos governamentais para tornar o acesso à educação mais fácil e abrangente.

De acordo com o Anuário Brasileiro da Educação Básica, a taxa percentual de crianças de cinco a nove anos que frequentam a escola cresceu de 48,07% em 1995 para 81,69% em 2011, um aumento de 33,62%. Em 1995, apenas 23,49% dos jovens de 15 a 17 anos estavam matriculados no ensino médio. Este número subiu para 52,25% em 2011 totalizando 28,76% de diferença.

A tecnologia teve papel fundamental nestas mudanças, especialmente nas últimas décadas e influenciará ainda mais o ambiente de ensino no futuro, como mostram os dados coletados em uma pesquisa realizada pelo “*Economist Intelligence Unit*” (GLENN; DAGOSTINO, 2015).

No entanto, de acordo com Cuban (1986, p. 63) há uma grande resistência à aceitação e uso da tecnologia por parte dos professores, os quais não alteraram a forma que ensinam, graças

---

<sup>1</sup> A arte de ensinar, define os métodos e técnicas empregadas durante o ensino. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=did%E1tica>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

a uma cultura já estabelecida e tradição de ensino. Mas a tecnologia não precisa necessariamente ser um vilão dentro das salas de aula.

Se empregada corretamente, tecnologias como a *internet*, *smartphones* e *tablets* podem ser parceiros da educação. A *world wide web* é atualmente uma grande fonte de informações para estudantes de todos os anos, contendo diversas fontes de conhecimento e aprendizagem como os vídeos didáticos do portal “*Khan Academy*”<sup>2</sup> e publicações de grandes instituições de ensino como o MIT<sup>3</sup> (*Massachusetts Institute of Technology*) que estão disponíveis gratuitamente para qualquer pessoa interessada.

Outro exemplo onde a tecnologia permitiu uma melhoria no ensino é o uso global de computadores e projetores para a exibição de conteúdo nas salas de aula, diminuindo ou eliminando o tempo que o professor levava para escrever na lousa o conteúdo da matéria.

Além dos citados anteriormente, existem diversos outros materiais disponíveis na *internet* que oferecem ao aluno um bom material de estudo. Entretanto, apesar destes sites terem o propósito de ensinar, eles falham em proporcionar ao aluno uma interação como a qual eles estão acostumados no dia-a-dia fora da sala de aula. Ou seja, não possuem nenhum mecanismo para prender a atenção do aluno e incentivá-lo a querer aprender mais.

Há uma característica intrínseca em jogos de uma forma geral: a capacidade de prender a atenção dos jogadores e incentivá-los a superarem seus próprios limites. De fato, este fenômeno não ocorre só durante jogos eletrônicos, sendo também observado em diversos tipos de atividades, variando desde uma faxina até um cálculo de alta complexidade (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002). Este conceito foi posteriormente batizado de “*Flow*”, que em português significa fluxo.

Com o objetivo de facilitar o aprendizado levando em consideração o conceito do “*Flow*”, este projeto visou a criação de um jogo eletrônico, cujo objetivo inicial é ensinar os conceitos básicos de corrente elétrica utilizando-se de analogias.

O estilo do jogo se encaixa no gênero *Tower Defense*, onde o objetivo do jogador é posicionar resistores em um circuito elétrico, baseado em conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência que serão revisados antes de cada nível para controlar o caminho de cargas elétricas através de um circuito.

---

<sup>2</sup> Portal eletrônico que contém uma grande variedade de vídeos didáticos de diversas áreas do ensino. Disponível em: <<https://www.khanacademy.org/>>. Acesso em: 27 jan. 2015

<sup>3</sup> Portal eletrônico do instituto de tecnologia da Universidade de Massachusetts que contém diversos cursos gratuitos. Disponível em: <<http://ocw.mit.edu/index.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2015

O aplicativo deverá também ficar acessível para todos os usuários através da *internet* e também ser leve o suficiente para que usuários com conexões de baixa velocidade consigam utilizá-lo.

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo geral*

Este projeto tem como objetivo o planejamento e desenvolvimento de um protótipo de um jogo digital com propósito educativo para o ensino dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência através de analogias.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Identificar os requerimentos básicos para a construção de um jogo digital educativo;
- Analisar e estudar as características positivas e negativas dos jogos digitais em relação ao aprendizado e como estas podem ser utilizadas para potencializar o ensino;
- Planejar a forma como o conteúdo será ensinado através de analogias;
- Criar o conteúdo gráfico e sonoro;
- Desenvolver um protótipo do jogo que fique acessível por um navegador.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O que são jogos

As definições que fundamentam o conceito de um jogo têm sido objetos de discussão e debate desde a antiguidade. De acordo com o ilustre filósofo grego Platão em seu diálogo “Mênon”, a capacidade de se definir um conceito é de suma importância para que se possa entendê-lo.

Não obstante, esta miríade de interpretações oriundas de diversas fontes, culturas e períodos históricos dificulta a apuração e compreensão de um conceito definitivo do que é um jogo. Wittgenstein (1953) cita em sua obra “*Philosophical Investigations*” um exemplo que ilustra esta dificuldade: “É como se alguém dissesse: ‘Um jogo consiste em mover objetos em uma superfície de acordo com certas regras ...’ e nós respondêssemos: Você parece estar pensando em jogos de tabuleiro, mas existem outros” (WITTGENSTEIN, 1953, p.2).

Ao invés disso, coletaremos a essência dos pensamentos e ideias de cada autor e tentaremos encontrar o equilíbrio entre elas, de forma que possamos criar uma definição que consiga satisfazer o intuito desta obra.

#### 2.1.1 A interpretação de Johan Huizinga

Johan Huizinga (1950) diz em seu livro *Homo Ludens* que os jogos ou “brincadeiras” pré-datam a cultura e os próprios humanos, sendo um fenômeno natural observado em animais de diferentes espécies, exemplificando que “basta observar filhotes de cães para ver que toda a essência da brincadeira humana está presente em suas divertidas cambalhotas” (HUIZINGA, 1950, p.1).

O autor resume as seguintes características como sendo “essenciais” para um jogo ou brincadeira:

Sumarizando as características formais dos jogos, nós podemos chamá-los de atividades livres que são conscientemente externas à vida “ordinária”, sendo assim “não sérias”, mas ao mesmo tempo absorvendo o jogador intensamente e completamente. É uma atividade que não tem conexões com nenhum interesse material e nenhum lucro pode ser obtido pelos participantes. O jogo procede dentro de seus próprios limites de tempo e espaço de acordo com regras pré-estabelecidas e em uma maneira ordenada. Ele promove a formação de grupos sociais que tendem a possuir um caráter secreto e enfatizar sua diferença do mundo comum através de disfarces ou outras formas. (HUIZINGA, 1949, p 13, tradução nossa)

Colocando os pontos do autor em forma de itens, temos:

- a. Jogar é uma atividade que remete à liberdade e também voluntária;
- b. Não é algo “cotidiano”, não é “vida real”;
- c. É restrito tanto em tempo quanto em espaço;
- d. Requer ordem, regras e obediência a estas;
- e. Não há lucros ou vantagens;
- f. Promove a interação social.

Huizinga afirma que as funções dos jogos ou brincadeiras podem, em grande parte, se encaixar em dois grupos básicos. São estes: uma competição por algo ou uma representação de algo.

### 2.1.2 A interpretação de Roger Caillois

Em seu livro “Les jeux et les hommes”, Roger Caillois (1961), com base nas teorias de Johan Huizinga, discorre sobre a definição de jogos e infere que, para uma determinada atividade humana ser considerada um jogo, é necessário que esta seja:

- a. Divertida: tenha um caráter leve e proporcione satisfação ao jogador;
- b. Delimitada: tenha uma área física ou virtual e uma duração bem definida;
- c. Incerta: o resultado não está definido no início da atividade, sendo possível e preferencialmente de igual chance de qualquer jogador participante vencer;
- d. Improdutiva: a atividade não produz nenhum resultado útil, ou seja, é separado da vida cotidiana e não constitui um trabalho;
- e. Regrada: o jogo possui regras que são diferentes do cotidiano;
- f. Fictícia: os jogadores sabem que o ambiente do jogo está contido em uma realidade diferente.

Além disso, o autor diz que os jogos são baseados em um ou mais dos seguintes elementos: *Agon*, *Alea*, *Mímis* e *Ilinx*.

*Agon* é o elemento da competição, disputa. Como exemplo, uma corrida, onde vence o mais rápido, ou partidas de futebol, que dependem de pensamento estratégico, velocidade e força.



Traçando um paralelo com os jogos digitais contemporâneos, este elemento pode ser encontrado na maioria dos jogos *multiplayer*<sup>4</sup>, sendo o DOTA 2, onde os jogadores são separados em times e competem para destruir a base do adversário, um ótimo exemplo disto.

Figura 1- Combate entre jogadores no Dota 2



Fonte: Portal GameInformer<sup>5</sup>

*Alea* é o elemento do jogo que diz respeito à sorte. Jogos com esta característica são chamados comumente de “jogos de azar”. Jogos que dependem exclusivamente deste elemento apresentam relativamente poucas inovações se comparados aos demais no contexto digital, sendo a maioria deles simplesmente representações dos jogos já existentes de cartas ou roletas.

No entanto, o autor menciona que os jogos podem incorporar mais dos supracitados elementos, portanto *Alea* está muito presente em quase todos os jogos onde há incerteza ou aleatorização.

Como exemplo podemos citar o jogo Paciência (Figura 2), cujas cartas iniciais de cada rodada são sorteadas.

<sup>4</sup> Denota um jogo que é projetado para envolver diversos jogadores. Disponível em: <[http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american\\_english/multiplayer](http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american_english/multiplayer)>. Acesso em: 22 jan. 2015. (Tradução nossa).

<sup>5</sup> Disponível em: <[http://www.gameinformer.com/games/dota\\_2/b/pc/archive/2013/07/16/dota-2-review.aspx](http://www.gameinformer.com/games/dota_2/b/pc/archive/2013/07/16/dota-2-review.aspx)>. Acesso em: 28 jan. 2015

Figura 2- Screenshot do jogo “Paciência



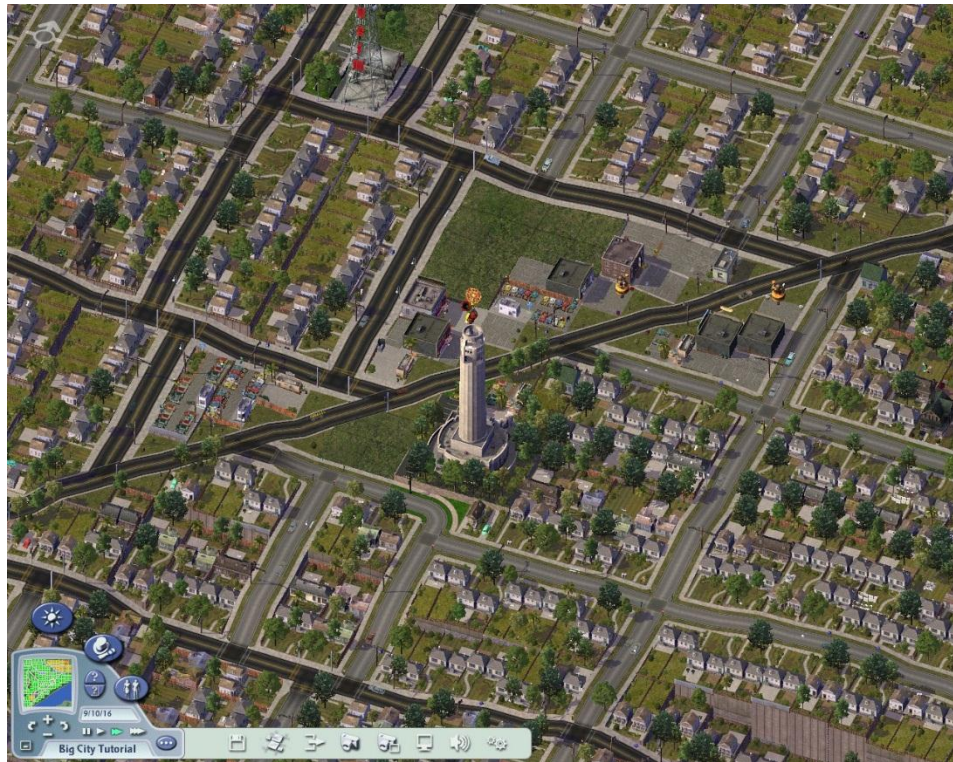
Fonte: Elaborada pelo autor.

*Mímesis* caracteriza a funcionalidade de simulação presente em alguns jogos. Estes jogos tentam emular alguma característica da vida cotidiana ou até mesmo colocar o jogador em um universo inventado. Em outras palavras, esse tipo de simulação não necessariamente requer realismo ou precisão. Um exemplo são as brincadeiras infantis onde os participantes tomam o papel de adultos, como brincar de "polícia e ladrão" ou "casinha".

Os jogos digitais se beneficiam muito desta característica, como pode ser observado na série "*The Sims*" da empresa americana *Electronic Arts*. Neste jogo, o jogador cria um personagem e "vive" a vida dele, tomando decisões como qual carreira seguir, com quem seu personagem irá se relacionar e até mesmo construindo sua própria casa, simulando uma vida "real".

Ainda nesse gênero podemos citar a série de jogos "*Sim City*" (Figura 3), da mesma produtora, onde o jogador fica no papel de um prefeito e tem como objetivo construir uma cidade levando em consideração fatores como tráfego de veículos, saúde da população, criminalidade, poluição, saneamento básico e catástrofes naturais.

Figura 3 – Screenshot do jogo Sim City 4

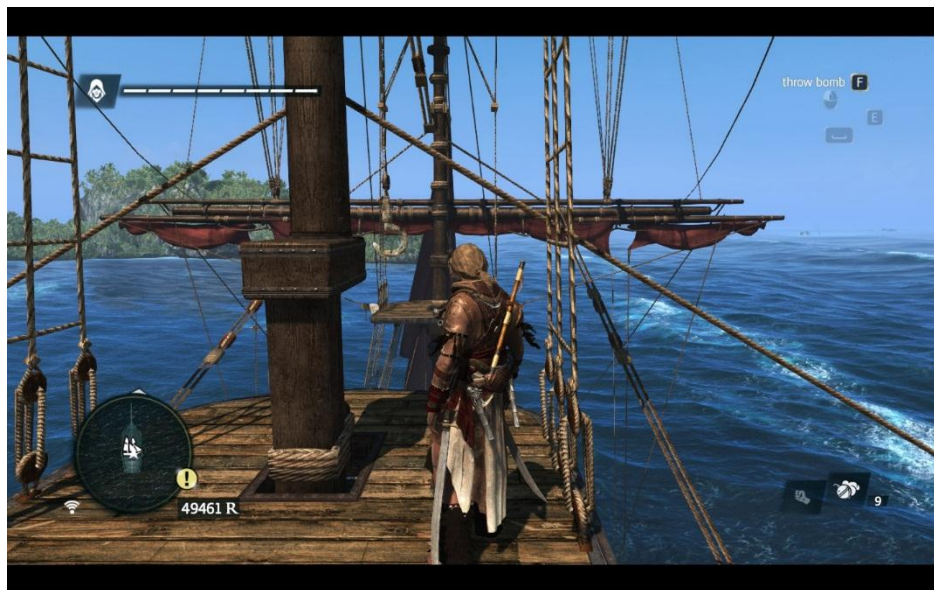


Fonte: Elaborada pelo autor.

Por último temos o *Ilinx*, cujo sentido em português é mais próximo de "vertigem". São jogos que proporcionam aos participantes um sentimento de distorção da percepção e da realidade, ou de extrema adrenalina. Geralmente associado aos esportes radicais e à atividades que envolvem risco, como a escalada de montanhas, esqui, mas também presente em atividades menos perigosas, como dançar.

Jogos digitais com esse elemento geralmente são compostos de, ao menos, um dos demais elementos mencionados pelo autor. Estes envolvem bastante ação e tratam de situações que seriam muito perigosas se acontecessem na “vida real”. O jogo “*Assassin’s Creed*”, onde o personagem principal faz saltos em alturas incríveis (Figura 4), engaja em combates de navios e corpo-a-corpo, é um bom exemplo de jogo digital nesse estilo.



Figura 4 – Screenshot do jogo *Assassin's Creed 4*

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.1.3 A interpretação de Jane McGonigal

No livro “*Reality is Broken*”, o jogo é definido por quatro características básicas: objetivo, regras, um sistema de resposta e participação voluntária (MCGONIGAL, 2012).

Ainda de acordo com a autora, o objetivo é o resultado específico que os jogadores tentarão alcançar durante o jogo. É onde a atenção dos participantes estará focada e orienta seu comportamento. O objetivo oferece aos jogadores um sentimento de que a atividade tem um propósito.

Um exemplo comum de objetivo de jogo é conseguir um placar (*score*<sup>6</sup>) superior ao de outros jogadores. Este tipo de objetivo é muito comum em jogos mais antigos como por exemplo o *Tetris* (Figura 5), onde o *score* representa o número de linhas que o jogador conseguiu remover do quadro. Movimentos mais arriscados e difíceis são recompensados com mais pontos.

<sup>6</sup> Palavra que significa placar em português. É um valor numérico que representa o número de pontos, gols, voltas, entre outros. Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/score>>. Acesso em: 19 jan. 2015. (Tradução nossa).

Figura 5 – Screenshot do jogo Tetris



Fonte: Página do *Tetris Friends*<sup>7</sup>.

Estes jogos geralmente não possuem fim definido, ou seja, o final do jogo só ocorre quando o jogador falha ou perde, sendo o *score* dele neste momento sua "nota" final.

Alguns objetivos são orientados à narrativa ou à história do jogo em questão. Tratam-se de metas do tipo "salvar o mundo" ou derrotar um grande vilão.

O jogo "*Fallout*", por exemplo, se encaixa nesta categoria. O jogador é colocado no papel de um sobrevivente de um apocalipse nuclear, que vive em um pequeno refúgio subterrâneo junto a outros sobreviventes. O objetivo inicial do jogo é encontrar um novo "chip" de purificação de água para substituir o atual do refúgio, que está quebrado.

Todas as informações sobre o que deve ser feito e por que são transmitidas ao jogador através de diálogos interativos (Figura 6). Alguns jogos permitem a não linearidade nestes diálogos, proporcionando à pessoa que está jogando a chance de escolher o rumo da história e consequentemente os objetivos do jogador.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://www.tetrisfriends.com/games/Marathon/game.php>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

Figura 6 – Screenshot do jogo *Fallout*



Fonte: Captura de tela de vídeo sobre o jogo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=sbjWwkp5MFg>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

Outros jogos com enfoque mais competitivo têm como objetivo derrotar o time inimigo, como o DOTA2 citado anteriormente. Há também os que desafiam o jogador com quebra-cabeças (*puzzles*<sup>8</sup>), como o jogo *Portal* (Figura 7) da empresa americana *Valve*.

Figura 7 - Screenshot do jogo "Portal"



Fonte: Elaborada pelo autor.

---

<sup>8</sup> Quebra-cabeças em português. Define algo, como um jogo ou brinquedo que requer engenhosidade e muitas vezes persistência para resolver ou montar. Disponível em: <<http://www.thefreedictionary.com/puzzle>>. Acesso em: 19 jan. 2015. (Tradução nossa).

Talvez os jogos que mais desafiam o princípio dos objetivos estabelecidos citados pela autora são os jogos do tipo "*SandBox*"<sup>9</sup> como o *Minecraft*, *Terraria*, *The Sims*, entre outros. Não há um objetivo claro em jogos deste gênero, sendo o jogador o responsável por gerar seus próprios motivos e metas, sendo limitado apenas pelas regras e mecânicas do jogo.

Já as regras servem para colocar limitações em como os jogadores conseguirão atingir o objetivo. Ao remover ou limitar os caminhos mais óbvios ao objetivo, as regras incentivam e desafiam os jogadores a explorarem novas possibilidades. As regras são responsáveis por desencadear um processo criativo e estratégico na mente dos participantes (MCGONIGAL, 2012).

De acordo com a autora, as regras criam o desafio do jogo, e instigam o jogador a vencer mesmo com todas as limitações e dificuldades impostas. Um jogo fácil demais faz com que o jogador perca o interesse rapidamente, o mesmo acontece com um jogo extremamente difícil. Isto gera um problema, pois a percepção da dificuldade de um jogo depende grandemente das habilidades do jogador e de sua experiência.

Para contornar este problema, os jogos inseriram a funcionalidade de escolher a dificuldade, deixando o jogador escolher que tipo de experiência ele gostaria de ter. Desta forma, um jogador que já obteve um certo nível de experiência e está achando o jogo fácil demais, pode optar por nível crescente de dificuldade para estender a diversão que ele consegue do jogo. Alguns jogos como o *Tetris Attack* vão além e encorajam o jogador a escolher as maiores dificuldades (Figura 8), só sendo possível ver o "verdadeiro final" do jogo desta forma (EXTRA CREDITS, 2014a).

---

<sup>9</sup> "Caixa de areia" em português, esta palavra define um estilo de jogo onde pouquíssimas restrições são colocadas sobre o jogador, permitindo assim que este explore e modifique um mundo virtual conforme sua vontade. *Open-world* e *free-roaming game* são outras nomenclaturas atribuídas a este tipo de jogo. Disponível em: <<http://www.techopedia.com/definition/3952/sandbox-gaming>>. Acesso em: 21 jan. 2015. (Tradução nossa).

Figura 8 – Screenshot do jogo *Tetris Attack*.



Fonte: Elaborado pelo Autor

McGonigal (2012) também define o sistema de resposta como uma maneira de dizer aos jogadores o quão próximo estes estão de alcançarem o objetivo do jogo. São diversas as maneiras de alcançar este resultado, seja através de pontuações, níveis, placares ou até mesmo barras de progresso.

Em sua forma mais básica, o sistema de resposta pode ser simplesmente a aceitação dos jogadores de que “O jogo termina quando...”. A resposta em tempo real serve como uma promessa aos jogadores de que o objetivo é claramente plausível de ser atingido e incentiva os participantes a continuarem jogando.

Como exemplo, em jogos do estilo *RPG* este sistema de *feedback* está atrelado diretamente à história. O jogador sente que está progredindo quando derrota um inimigo ou quando consegue concluir um objetivo imposto pela história do jogo.

Por último, a autora explica que a “participação voluntária” requer que todos os jogadores que estejam fazendo parte do jogo conheçam e aceitem o objetivo, as regras e o sistema de respostas do jogo. É o que oferece aos jogadores uma base igualitária para que muitas pessoas possam jogar juntas.

McGonigal (2012) frisa a importância de que os jogos são trabalhos desafiadores que o participante voluntariamente concorda em participar para se divertir. A liberdade de deixar um jogo a qualquer momento garante que atividades que podem ser consideradas estressantes ou desafiantes à primeira vista sejam percebidas como seguras e prazerosas pelo jogador.



### 2.1.4 A interpretação de Jesper Juul

Jesper Juul (2003) em seu artigo “*The Game, The Player, The World*”, faz uma coleção de sete definições de diversos autores sobre o que exatamente compõe um jogo, em uma tentativa de sintetizar o que há em comum entre as suas opiniões. Além disso, o autor tentou aumentar o alcance desta definição para incluir jogos digitais, enfatizando que há uma forte ligação entre jogos e computadores e argumentando que estes são de longe muito mais utilizados para jogos do que qualquer outra tecnologia contemporânea.

O resultado desta síntese define seis características básicas:

#### a) Regras

A regras dos jogos devem ser suficientemente bem definidas para que possam ser transformadas em algoritmos<sup>10</sup> e programadas em um jogo de computador ou suficientemente bem definidas de forma que os jogadores não terão que discuti-las todas as vezes que forem jogar (JUUL, 2003).

#### b) Resultados quantificáveis e variáveis.

As regras devem providenciar finais ou resultados diferentes ao jogo. Argumentando a necessidade deste item, o autor exemplifica que, sem nenhuma interferência da mecânica do jogo, se um jogador muito experiente é colocado contra um iniciante, o resultado da partida será quase sempre o mesmo, saindo vitorioso o mais experiente e portanto, desqualificando a atividade como um jogo.

Para tratar deste problema, muitos jogos competitivos incluem em sua mecânica uma forma de aumentar ou reduzir a dificuldade do *gameplay*<sup>11</sup> para compensar os diferentes níveis de habilidades dos jogadores. Como exemplo, o autor cita o jogo “*Gran Turismo 3*”, um jogo de corrida competitivo multijogador onde os jogadores que ficam para trás ganham um aumento significativo de velocidade para terem chance de vencer.

Um outro exemplo desta funcionalidade pode ser encontrado em outros jogos multijogador como o “*League of Legends*”, onde o nível de habilidade dos jogadores é levado

---

<sup>10</sup> “Um algoritmo nada mais é do que uma receita que mostra passo a passo os procedimentos necessários para a resolução de uma tarefa. (...) Em termos mais técnicos, um algoritmo é uma sequência lógica, finita e definida de instruções que devem ser seguidas para resolver um problema ou executar uma tarefa.” Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/programacao/2082-o-que-e-algoritmo-.htm>>. Acesso em: 5 mar. 2015.

<sup>11</sup> Palavra que representa os aspectos táticos de um jogo digital, isto é, a forma que é jogado. Disponível em: <[http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american\\_english/gameplay](http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american_english/gameplay)>. Acesso em: 18 jan. 2015. (Tradução nossa).

em consideração na hora de encontrar partidas, ou seja, espera-se encontrar no time inimigo jogadores com o mesmo nível.

Ainda de acordo com o autor, muitas vezes os próprios jogadores fingem inexperiência ou não utilizam de todo o seu potencial para equilibrar o jogo. Como por exemplo dirigir mais devagar em um jogo de corrida para dar uma chance ou um sentimento de chance para um outro jogador.

c) Ponderação dos possíveis resultados

Os resultados de um jogo devem ter pesos diferentes, dependendo do esforço aplicado pelo jogador. Em outras palavras, alguns finais ou resultados devem ser melhores que outros. Juul (2003) menciona diversas formas de atingir este resultado, como especificando nas instruções do jogo que algumas ações proporcionam mais pontos que outras.

Este item serve para criar uma sensação desafiadora nos participantes, pois, de acordo com o autor, os melhores resultados são, tipicamente, mais difíceis de alcançar do que os ruins.

d) Esforço do jogador

O empenho do jogador é uma das principais causas do afeiçoamento do jogador com o resultado (JUUL, 2003). A ideia é que o jogador se sentirá muito mais recompensado com um resultado positivo se nele foi colocado muito esforço.

e) Afeiçoamento do jogador pelo resultado

Trata-se de um condicionamento psicológico dos jogadores através do jogo. De acordo com o autor, há uma convenção pelas quais o jogador está atrelado a aspectos específicos do resultado. Em outras palavras, isto significa que o jogador deveria se sentir feliz se vencer e triste se for derrotado.

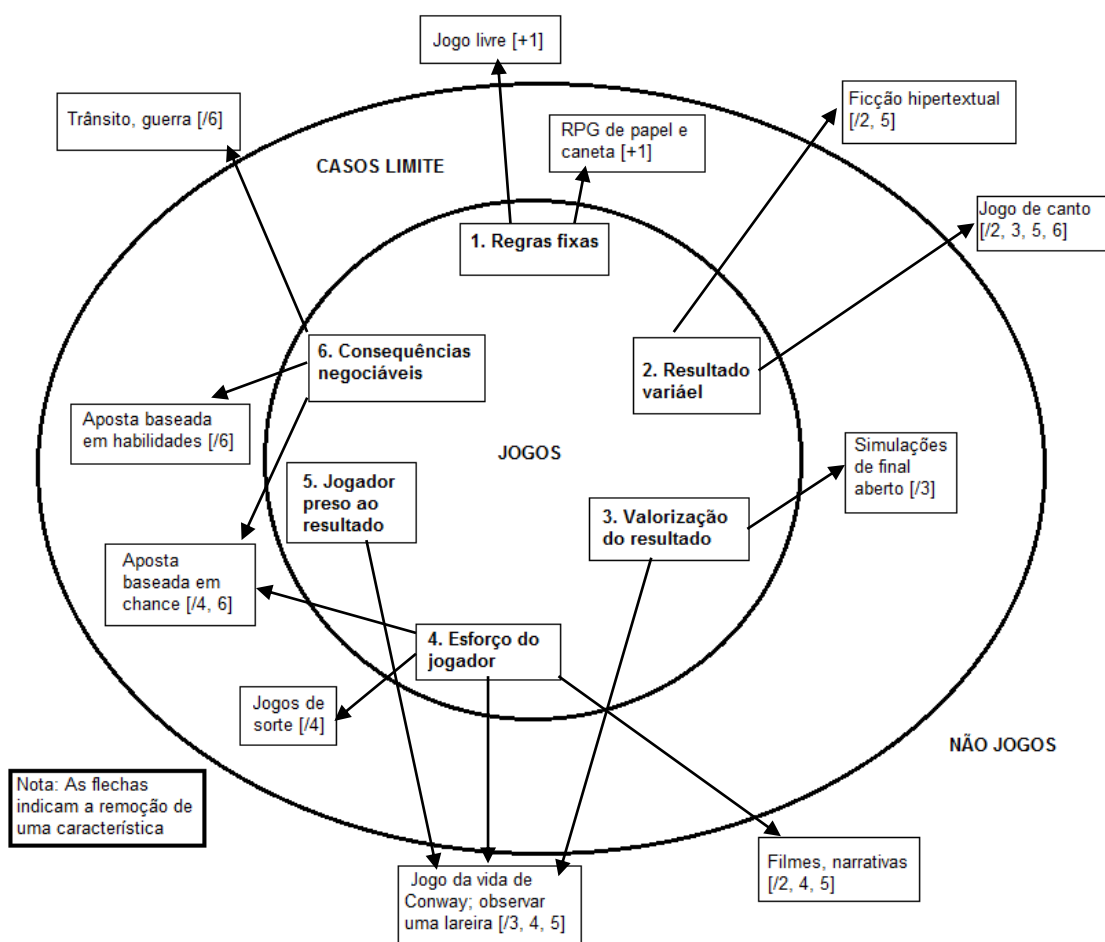
f) Consequências negociáveis

De acordo com Juul (2003), um jogo pode ocasionalmente incorrer consequências reais para seus resultados. Um jogador que perder um jogo deve aceitar o que foi negociado sobre o resultado antes do início do jogo. Este conceito só é passível de aplicação quando se trata de jogos cujas regras e forma de jogo são predominantemente inofensivas. Alguns tipos de jogos como os de esporte radical possuem uma chance relativamente alta de que alguém saia ferido ou possivelmente até morto. O autor argumenta que este perigo é um dos principais responsáveis pelo interesse e fascínio de seus participantes.

De qualquer forma, todos os jogos têm algumas consequências oficiais e não opcionais, como exemplo, o gasto de tempo e energia dos participantes e, mais importante, o atrelamento descrito no item anterior. Jogos tem a capacidade de fazer com que seus participantes se sintam alegres ou tristes com o resultado, de ferir ou alavancar seus orgulhos. (JUUL, 2003).

Na Figura 9, Juul exemplifica o que pode ser classificado um jogo de acordo com seus conceitos, onde as atividades na área externa dos círculos não são consideradas jogos, as atividades dentro do círculo externo são casos extremos. As setas indicam a ausência de uma determinada característica.

Figura 9 - Diagrama de classificação de atividades.



Fonte: <http://www.jesperjuul.net/text/gameplayerworld> (2015). Traduzido e adaptado pelo autor.

## 2.2 A história dos jogos

Os jogos fazem parte de todas as sociedades, sendo citados em diversas obras históricas e encontrados em escavações arqueológicas ao redor do globo.

Não se sabe exatamente quando foi feito ou jogado o primeiro jogo na história da humanidade, mas de acordo com um artigo publicado no site “*PressTV*”, que trata sobre as descobertas feitas em um sítio arqueológico em uma cidade em ruínas conhecida como “Shahr-e-Sookhteh”, às margens do rio Zahedan-Zabol, na província localizada no sudeste do Irã, o artefato de jogo mais antigo encontrado até hoje é um dado de pedra, objeto essencial para diversos jogos de sorte, com idade estimada de 5000 anos (PRESSTV, 2007).

Outros artefatos similares foram encontrados em diversas ruínas de civilizações antigas, como os pedaços de dados de argila e um inteiro de cerâmica e outro de osso encontrado em escavações feitas em tumbas no Vale do Indo, datadas de aproximadamente 4500 anos atrás (POSSEHL, 2014).

A presença desses artefatos sugere que estas civilizações possuíam seus próprios jogos onde estes dados eram utilizados que, por sua vez, indica a existência de mais atividades similares.

Exemplos de jogos de dados antigos incluem o jogo conhecido como “Hazard” ou Perigo, em português, bastante popular no continente europeu dos séculos XIV ao XVII. Uma das curiosidades a cerca deste jogo é a origem de seu nome que, de acordo com o Dicionário Etimológico Online (DICTIONARY, 2014) o termo “Hazard” vem do francês, “*hasart*”, possivelmente do espanhol “*azar*”, que, por sua vez, vêm do árabe “*al-zahr*”, que significa literalmente “o dado”.

Outro tipo de jogo que surgiu na antiguidade e permeia até o dia de hoje são os jogos de tabuleiro. Muitos jogos de tabuleiro foram encontrados em pesquisas arqueológicas, a maioria dos quais não se sabe exatamente as regras do jogo ou a maneira de utilizar suas peças. Um exemplo desse tipo de jogo é o *senet*, um tabuleiro encontrado em tumbas das primeiras dinastias de faraós do Egito, datado de cerca de 3500 a.C. (PICCIONE, 2014).

Outro famoso jogo de tabuleiro que foi popular na antiguidade e continua sendo jogado até hoje em dia é o “Gamão”, cujo tabuleiro mais antigo foi encontrado em meados de 3000 A.C. na Pérsia, onde hoje é o Irã, juntos com os dados mencionados anteriormente. Durante a idade média e a renascença, vários outros jogos surgiram ao redor do globo, como por exemplo o Xadrez, oriundo da Índia (MURRAY, 1913).

## 2.3 Jogos Digitais

### 2.3.1 Definição

De acordo com o dicionário Oxford, os jogos digitais são aqueles que são jogados eletronicamente, manipulando imagens produzidas por um programa de computador em um monitor ou outra forma de exibição (DICTIONARY, 2014).

### 2.3.2 História

O primeiro jogo digital foi criado em 1947 e chamado de “*Cathode Ray Tube Amusement Device*” ou “Dispositivo de Entretenimento de Tubo de Raio Catódico”. Criado por Thomas Tolver Goldsmith Junior e Estle Ray Mann, o jogo se tratava de um simulador de mísseis baseado em radares da época da segunda guerra mundial. (WINTER, 2014)

Ainda de acordo com a fonte supracitada, vários outros pioneiros criaram seus próprios jogos em diferentes equipamentos, mas as limitações técnicas da época tornavam praticamente impossível a produção em massa desses equipamentos e a distribuição de tais jogos.

Este paradigma mudou em meados da década de 70, com o surgimento do “Computer Space”, criado por Nolan Bushnell e Ted Dabney (CFH, 2008). Este foi o primeiro jogo comercialmente viável, que utilizava uma televisão monocromática como exibição.

Em seguida, o jogo “Pong” foi desenvolvido pela empresa norte-americana Atari e lançado primariamente em sua versão “*arcade*”<sup>12</sup> e logo em seguida em sua versão doméstica. A primeira, montada em máquinas de grande porte operadas por moedas, fez grande sucesso e inundou os estabelecimentos de entretenimento, atingindo grande parte da população jovem da época.

O sucesso foi tão grande que vários clones do jogo surgiram e foram produzidos em massa ao ponto de ficarem estocados e terem que ser vendidos com preço inferior ao custo. Isto causou uma quebra no mercado de jogos da época, levando muitas empresas à falência (MONTFORT; BOGOST, 2009).

Com o avanço da tecnologia vieram os videogames da segunda geração, que eram capazes de executar programas ou jogos de cartuchos, ao invés de os terem como parte de seus circuitos elétricos. Exemplos de consoles de videogames da época incluem o Intellivision da

---

<sup>12</sup> Máquinas tipicamente encontradas em locais públicos como *shopping centers*, restaurantes e fliperamas. São geralmente videogames, máquinas de *pinball* ou jogos eletromecânicos e são tipicamente operadas após a inserção de uma moeda. Estes aparelhos tiveram seu ápice de popularidade nas décadas de 80 e 90. Disponível em: < <http://www.techopedia.com/definition/1903/arcade-game>>. Acesso em: 15 fev. 2015. (Tradução nossa).

Mattel e o ColecoVision, famoso por ter uma versão de um dos jogos de *arcade* mais populares da época, o “Donkey Kong”.

A década de 80, também conhecida como “os anos dourados dos jogos *arcade*”, se iniciou com a publicação do jogo *Space Invaders* da empresa japonesa Taito (KENT, 2001). Na época, os preços dos computadores pessoais caíram, o que fez com que as vendas aumentassem consideravelmente. O rompimento desta barreira econômica deu origem aos primeiros jogos para computadores.

O ápice da era dourada dos jogos eletrônicos aconteceu em meados do ano de 1985, junto com numerosos avanços tecnológicos que permitiram aos desenvolvedores lançarem jogos inovadores e com gráficos muito mais atraentes.

A terceira geração dos consoles de vídeo game veio no final da década de 80 e início da década seguinte. Também conhecidos como consoles de 8 bits, estas máquinas vieram com inovações em várias partes do console, como os cartuchos com maior capacidade, controles mais anatômicos e periféricos como revolveres para jogos de tiro, mouses e teclados (KATZ, KUNKEL, WORLEY, 1988, p. 44).

A partir de então, cada geração nova multiplicou a capacidade de processamento e armazenamento da anterior, além de inovações como gráficos em 3D e texturas em alta definição. A forma como os jogos digitais interagem com os participantes também mudou, com o surgimento dos controles com sensores de movimento e processamento de imagens obtidas via diferentes tipos de câmeras, como o Kinect da Microsoft.

Atualmente os jogos digitais estão presentes em diversos tipos de mídia, incluindo smartphones, laptops, desktops e consoles de videogame.

### 2.3.3 *Tower Defense*

Os jogos deste gênero são caracterizados por sua jogabilidade estratégica, onde o jogador deve defender um determinado ponto, seja ele uma construção ou criatura qualquer, de ondas de inimigos que se aproximam tipicamente de uma ou mais extremidades do mapa. A defesa é feita através da construção de estruturas ou torres ao longo do caminho, que atacam os inimigos que entram em seu raio de ataque (GIANTBOMB, 2015).

Ainda de acordo com os autores, estas estruturas geralmente são bem distintas em funcionalidade, algumas atacam um único alvo, outras são capazes de atacar vários alvos simultaneamente, e há também as estruturas de suporte, que não atacam mas providenciam algum outro efeito positivo para o jogador, como por exemplo a capacidade de reduzir a

velocidade em que os inimigos caminham, ou aumentar o dano ou velocidade de ataque das construções ao seu redor.

Cabe ao jogador decidir quais estruturas irá construir e onde. Apesar da premissa básica permanecer constante entre as partidas, alguns detalhes podem variar consideravelmente, como por exemplo os tipos de inimigos sendo enfrentados que, assim como as estruturas que o jogador pode construir, também possuem variações em sua velocidade, resistência, ou talvez é uma unidade voadora que ignora um certo tipo de defesa. Ocasionalmente uma unidade especial pode aparecer com muito mais força e resistência que uma unidade normal, sendo geralmente denominada “boss” ou “chefão” em português (GIANTBOMB, 2015).

Outra variação que ocorre em alguns jogos deste gênero é a área onde o jogador pode construir suas estruturas. Alguns jogos permitem que o jogador coloque defesas onde quiser, criando assim bloqueios e consequentemente rotas para as unidades dos inimigos. Um bom exemplo deste tipo de jogo é o *Desktop Tower Defense*<sup>13</sup>. Já outros jogos estipulam os lugares onde é possível construir, limitando o posicionamento das torres.

Uma característica comum neste tipo de jogo é a possibilidade de aprimorar as estruturas de defesa. Estas melhorias geralmente causam um aumento do dano ou frequência de ataque destas estruturas, ou no caso de estruturas de suporte, intensificam seus efeitos. Tipicamente, o jogador tem que escolher entre usar seus recursos para construir novas estruturas de defesa ou aprimorar as já existentes, decisões estas que podem ser a diferença entre vitória e derrota. O jogador obtém recursos conforme derrota os inimigos, por passar de nível ou conforme passa do tempo (GIANTBOMB, 2015).

## **2.4 Jogos digitais educacionais**

### *2.4.1 O que são jogos educacionais*

Os jogos educacionais são aqueles projetados e desenvolvidos com o foco especificamente no ensino, aprendizado e educação do jogador, mas ao mesmo tempo têm a função de entretenimento. Tais jogos devem encorajar a jogabilidade ou todas as demais formas de pensamento que fazem de um jogo uma atividade divertida (MODULES, 2014).

Ainda de acordo com o autor, a jogabilidade é meramente uma ferramenta para manter a atenção e o foco do jogador e também mantê-lo motivado enquanto aprende.

---

<sup>13</sup> Disponível em: < <http://www.kongregate.com/games/preecep/desktop-tower-defense>>. Acesso em: 17 set. 2014.

Do ponto de vista tradicional, os jogos são considerados “irrelevantes” no sentido de que o que acontece no jogo não tem consequências morais fora dele. Um jogo é separado do mundo, como se fosse um espaço onde as pessoas podem deixar sua imaginação e pensamento livres, enquanto interagem com um mundo cujas consequências não abordam a realidade. Isto nem sempre significa que os jogadores não estão aprendendo nada ou treinando suas faculdades mentais (SCIENCEDAILY, 2015).

De acordo com o site Sciencedaily (2015), um estudo publicado pela *Queen Mary University of London* e pela UCL (*University College London*) recrutou 72 voluntários, que foram instruídos a jogar um jogo digital específico por 40 horas semanais durante um período de seis a oito semanas. Antes e depois dos experimentos, os participantes tiveram sua “Flexibilidade Cognitiva”<sup>14</sup> mensurada.

Dois grupos de participantes foram instruídos a jogar diferentes versões de *Starcraft*, jogo de estratégia lançado pela *Blizzard* onde os jogadores comandam unidades com o objetivo de exterminar os demais participantes, sejam estes controlados por outros humanos ou pela inteligência artificial. Este jogo foi escolhido devido ao seu caráter estratégico e tático, que requer raciocínio lógico e pensamento dos jogadores.

Um terceiro grupo foi instruído a jogar *The Sims*, um jogo de simulação onde o jogador cria e controla uma família, coordenando seus membros com o objetivo de fazê-los ter sucesso em suas vidas digitais. Ao contrário do outro jogo, este não requer muito planejamento, memorização e habilidades estratégicas do jogador.

O resultado da pesquisa mostrou que os grupos que foram alocados a jogar *StarCraft* foram mais rápidos e mais eficazes ao realizar atividades que envolvem cognição flexível, ou seja, jogos de estratégia em tempo real treinam a habilidade de pensar rapidamente e encontrar soluções para problemas.

Outras pesquisas realizadas pelo mesmo time de pesquisadores demonstraram que jogos de ação como Halo, podem aumentar a velocidade em que o jogador realiza tomada de decisões (SCIENCEDAILY, 2015).

Para estes pesquisadores, um jogo educacional é aquele cuja experiência da jogabilidade deve obrigatoriamente causar alguma mudança na vida real do jogador, ou seja, seu conhecimento do mundo e suas habilidades. O propósito desses jogos é auxiliar as pessoas a

---

<sup>14</sup> Capacidade humana de adaptar as estratégias de processamento cognitivo para lidar com situações novas e inesperadas. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.156.976&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 17 set. 2014. (Tradução nossa).



aprenderem assuntos específicos, expandir conceitos já adquiridos, servir de reforço ao aprendizado de sala de aula ou facilitar o entendimento de acontecimentos de valor histórico.

#### 2.4.2 Por que usar jogos digitais no ensino

De acordo com Prensky (2003), a motivação para esta mudança na forma de ensino se baseia em dois fatores:

- a. Os alunos mudaram drasticamente e;
- b. Estes alunos têm que ser motivados de uma nova forma.

É relativamente fácil observar o primeiro fator descrito pelo autor, basta comparar a forma cuja qual as crianças e jovens de hoje em dia interagem com o mundo ao seu redor e comparar com como era há cinquenta anos atrás.

A geração Z (que também é conhecida por "*Millenials*" ou "Nativos Tecnológicos") foi a primeira geração que nasceu imersa em uma explosão de novidades e avanços tecnológicos. A origem desta geração coincidiu com a criação de uma *World Wide Web* mais gráfica, ou seja, mais parecida com a que conhecemos hoje. Estes avanços na forma como os usuários navegavam na *internet* desencadearam uma imensa revolução tecnológica cuja compreensão é essencial para o entendimento de como a geração Z foi afetada desde o nascimento. (GECK, 2006).

De acordo com a autora, os adolescentes e crianças desta geração se distinguem das gerações anteriores por que são os que estão mais conectados eletronicamente em toda a história. Desde a infância, estão acostumados a usar tecnologias como celulares, smartphones, banda larga, laptops, videogames, mensagens instantâneas, entre outras.

Devido à exposição a estas tecnologias, estes adolescentes estão sempre conectados à *internet*, se comunicando com seus amigos e familiares via mensagens em redes sociais, tornando a distância física um menor empecilho. De seus smartphones, esta geração tem acesso à uma enorme riqueza de informações, incluindo textos, livros, imagens, vídeos e notícias em tempo real.

GECK (2006) também afirma que estes jovens são mais propensos a desenvolver habilidades de *multitasking*<sup>15</sup>. Os adolescentes desta geração estão acostumados a acessar

---

<sup>15</sup> Termo que significa "multitarefa" em português e define a capacidade de executar múltiplas atividades simultaneamente Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/multitasking>>. Acesso em: 20 fev. 2015. (Tradução nossa).

informações abrindo diversas abas em navegadores em seus laptops enquanto simultaneamente utilizam diversos aplicativos ao mesmo tempo para ouvir música e responderem aos amigos no celular.

Por possuírem estas características, os alunos desta nova geração estão acostumados a estarem sempre realizando alguma atividade, ocupando suas mentes com alguma coisa. A falta de interação com o meio, como por exemplo apenas escutar a aula de um professor ou ler um livro, pode se tornar algo tedioso para alguns desses alunos.

De acordo com Prensky (2003), as alterações mentais e cognitivas que esta geração sofreu por efeito da tecnologia digital afetou várias preferências e necessidades da geração dos nativos digitais, particularmente na área do aprendizado.

Outra característica que dificulta a interação desta geração com o sistema de ensino clássico são os exames ou provas. Acostumados com o imediatismo dos dispositivos digitais e especialmente jogos eletrônicos, os indivíduos desta geração encontram dificuldade ao lidarem com a forma demorada e espaçada em que ocorrem as provas e trabalhos de classe. (EXTRA CREDITS, 2014b).

Isto acontece porque, de uma forma geral, as provas e trabalhos são atribuídos ao aluno, que deve fazê-los e entregar de volta ao professor. Os resultados dessas avaliações só voltam para o aluno após dias ou até mesmo semanas. Durante esse tempo, a matéria já avançou e a dificuldade que o aluno teve ao realizar a avaliação, ficou para trás. O problema disso é que muitas vezes o conteúdo seguinte é dependente do anterior, propagando as dificuldades e erros dos alunos. O mesmo não acontece em jogos digitais, onde o *feedback* de suas ações acontece em tempo real na maioria dos casos.

Outro ponto importante é a consequência de falhar. No sistema de ensino tradicional, a consequência por falhar um exercício é um desconto em sua nota. Colocando de uma outra forma, o aluno é punido por errar ou falhar, podendo eventualmente causar a repetição de um ano escolar com grande prejuízo tanto para a moral do aluno quanto para sua formação.

Os jogos, por um outro lado, não punem o jogador por errar e, ao contrário disso, o incentivam a tentar novamente, muitas vezes até ajustando a dificuldade de forma a trazer os desafios que o jogador está enfrentando mais próximos de sua curva de fluxo, conceito que será explicado melhor em um dos capítulos seguintes. Com isso, o jogador sempre enfrentará um nível de dificuldade relativamente próximo às suas habilidades (EXTRA CREDITS, 2014b).

Este conceito poderia ser aplicado ao ensino, mas na forma em que este é realizado atualmente, fica inviável. Em salas de aula com sessenta alunos, seria impossível um professor ajustar o nível de dificuldade de seus exercícios de modo a contemplar cada aluno da classe

individualmente. Um software de jogo de computador conseguiria esse feito com muito mais facilidade, talvez até relatando ao professor onde os alunos estão com mais dificuldade e apontando os casos que precisam de mais atenção.

Todos os gêneros de jogos podem ser usados com propósitos educacionais, mas a escolha do gênero adequado pode aumentar consideravelmente o potencial de aprendizado do jogador.

Em 23 de setembro de 2009, o presidente norte americano Barack Obama lançou uma campanha denominada “*Educate to Innovate*” ou em português “Educar para Inovar”. O objetivo da campanha é aprimorar o nível educacional dos cidadãos norte-americanos, principalmente em aspectos tecnológicos, matemáticos e lógicos (THE WHITE HOUSE, 2014). Um dos discursos da campanha revelou que uma de suas metas é dominar o poder dos jogos interativos para auxiliar na conquista de seu objetivo.

Esta campanha gerou inúmeras oportunidades para os desenvolvedores de jogos e germinou diversos concursos financiados por grandes empresas. Como exemplo disso podemos citar a competição “*Imagine Cup*”, da empresa norte americana Microsoft. (NEWSWIRE, 2014)

## **2.5 O processo de planejamento de jogos educacionais**

### **2.5.1 Dificuldades**

De acordo com Prensky (2003, p. 1): “o indispensável para um aprendizado efetivo é a motivação: um estudante motivado não pode ser parado. Infelizmente, nos tempos atuais, muito do conteúdo que precisa ser aprendido pelos estudantes não é diretamente motivador para eles”.

A maior dificuldade do processo de elaboração de um jogo educacional está definida na citação do autor: O planejamento e design de jogos educativos é complexo devido à dificuldade de conciliar a diversão com o aprendizado. De acordo com o autor, os jogos são interessantes nesse contexto por providenciam a motivação ao estudante. Se criado corretamente, um jogo educacional tem o potencial de inserir o conhecimento passado na mente do estudante sem que este perceba que está aprendendo.

Entretanto, isto não é uma tarefa fácil, há um conjunto de condições para que o aluno perceba o jogo como algo que ele pode extrair diversão em troca de esforço. Atividades consideradas como trabalho por uma pessoa dificilmente são fontes de diversão e entretenimento.

A repetitividade da tarefa em questão, a falta de novidades e inovações no contexto em que está inserida e o domínio que a pessoa tem sobre o assunto em questão são exemplo de fatores que afetam a percepção de entretenimento que um indivíduo tem ao realizar uma certa tarefa.

Deve-se tomar cuidado, portanto, ao equilibrar o conteúdo didático em um jogo com os elementos que proporcionam novidade e diversão. Se há pouco conteúdo no jogo, perde-se tempo de aprendizado em relação aos métodos convencionais de ensino. Por outro lado, se o jogo exigir que o aluno aprenda conteúdos extensos antes de poder iniciar a interação com a mecânica, o bônus da jogabilidade é comprometido e o intuito se perde da mesma forma, pois o aluno não terá o interesse e nem a motivação característica dos jogos digitais.

### 2.5.2 *Game Based Learning (GBL) e Digital Game Based Learning (DGBL)*

De acordo com Prensky (2003), a atitude que os jogadores têm em relação aos jogos não educacionais é exatamente a que todos os professores gostariam de ver em suas salas de aula: estudantes interessados, competitivos, cooperativos, orientados ao resultado, ativamente buscando novas informações e soluções.

A teoria por trás desse processo é denominada *Game Based Learning* ou “Aprendizado Baseado em Jogos”. Trata-se de um tipo de jogabilidade que possui resultados de aprendizado definidos. No entanto esta definição engloba todos os tipos de jogos, incluindo jogos não digitais.

Segundo Coffey (2015), o DGBL (*Digital Game Based Learning*) é um método didático que incorpora conteúdo educacional e princípios de aprendizado em videogames. A autora descreve que o DGBL envolve atividades que podem variar desde completar tarefas extremamente simples, até o desenvolvimento de complexas habilidades de solução de problemas.

Prensky (2003) define os princípios básicos que um jogo produzido via este processo deve ter para avaliar o sucesso de sua produção. Estes princípios são julgados através da resposta das seguintes questões:

- a. O jogo é divertido o suficiente de modo que alguém que não esteja incluso em seu público-alvo queira jogá-lo e irá aprender com essa experiência?
- b. As pessoas que utilizam o jogo se enxergam como jogadores, estudantes ou *trainees*?

- c. A experiência sentida pelos jogadores é viciante? É assunto entre seus usuários? Os jogadores espalham a notícia do seu jogo e o recomendam para seus amigos ou colegas de classe? Os usuários querem voltar a jogar repetidas vezes até que vençam o jogo e, possivelmente, após isto?
- d. As habilidades dos jogadores no assunto ensinado pelo jogo, melhoram de uma forma mais significativa e rápida? O jogador melhora conforme investe mais tempo jogando? O jogo incentiva uma reflexão sobre o que foi aprendido?

O autor ainda frisa que a ordem destas questões é um dos fatores importantes a serem considerados enquanto se desenvolve um jogo educativo: “A diversão vem primeiro, o aprendizado em segundo.”

É importante frisar que *Game Based Learning* não é sinônimo de *Gamification*<sup>16</sup>, este último consiste em aplicar conceitos comumente relacionados a jogos à elementos que não são jogos. Como exemplo, o *Khan Academy* aplicou *gamification* em seus vídeos educativos ao adicionar barras de experiência, nível e *achievements*<sup>17</sup> em sua estrutura, conceitos comuns em jogos (JACOBSON, 2013).

De acordo com Richard Van Eck (2006) em seu livro “*Digital game-based learning*”, existem três formas de atingir o equilíbrio acima descrito: a primeira é construir jogos do zero com o trabalho conjunto de educadores e programadores, a segunda é integrar jogos educativos comerciais já existentes ao ensino, e a terceira e última é criar jogos do zero por estudantes.

## 2.6 O conceito do Flow

### 2.6.1 O que é Flow

De acordo com Nakamura e Csikszentmihalyi (2005), *Flow* ou Fluxo é um estado de operação mental onde uma pessoa que está realizando uma determinada atividade encontra-se

---

<sup>16</sup> “Gamification” – A aplicação de elementos típicos de um jogo (como placares de pontuação, competição multijogador e regras de jogabilidade) à outras áreas de atividade, tipicamente como uma forma de marketing online para incentivar o compromisso com um produto ou serviço. Disponível em: <[http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american\\_english/gamification](http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/american_english/gamification)>. Acesso em: 22 fev. 2015. (Tradução nossa).

<sup>17</sup> “Achievements” – Conquistas em português, são medalhas ou troféus digitais colecionáveis atribuídas a um jogador por algum feito realizado. Servem de motivação para os jogadores e são uma forma de estender a longevidade de um jogo. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Conquista\\_\(jogos\\_eletr%C3%B4nicos\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Conquista_(jogos_eletr%C3%B4nicos))>. Acesso em: 22 fev. 2015.

em completa imersão no que está fazendo, ou em outras palavras, em um estado de completo de foco, concentração e satisfação.

Os autores incluem as seguintes características como sendo inerentes ao estado do *flow*:

- a. Concentração intensa e focada no que está sendo feito no presente momento;
- b. Fusão das capacidades de ação e percepção;
- c. Perda da autoconsciência reflexiva. Por exemplo, a perda da percepção de que a pessoa é um membro da sociedade;
- d. Um sentimento de que a pessoa é responsável por controlar suas próprias ações, ou seja, um princípio que sugere que a pessoa é capaz de lidar com a situação por saber responder à qualquer coisa que acontecerá subsequentemente;
- e. Distorção da experiência temporal, isto é, uma sensação de que o tempo passou mais rápido do que o normal;
- f. Sentimento de que a atividade sendo exercida é intrinsecamente gratificante, de tal forma que muitas vezes o objetivo é meramente um argumento para realizar o processo.

O nome "*flow*" foi atribuído a este conceito em meados da década de 80 por Mihaly Csikszentmihalyi, por ser comumente utilizado por algumas das pessoas entrevistadas para descrever o que estavam sentindo enquanto estavam neste estado. Mihaly ficou indagado ao observar um artista que, ao trabalhar em uma de suas obras e já quase a concluindo, encontrava-se completamente focado, ignorando fome, cansaço e desconforto. No entanto no momento que a havia terminado, todo esse estado de concentração desaparecia.

Nakamura e Csikszentmihalyi (2002) afirmam que quando uma pessoa está no estado de *Flow*, ela está operando em cem por cento de sua capacidade. Para que seja possível atingir este estado, no entanto, é necessário estabelecer um frágil equilíbrio entre a percepção das capacidades de ação e a percepção das oportunidades de ação.

Se as dificuldades começam a sobrepujar as habilidades da pessoa, há um relaxamento seguido de tédio. Ao experimentar ansiedade ou tédio, a pessoa se sente pressionada a ajustar seu nível de habilidade ou o desafio sendo encarado, de maneira a fugir destes sentimentos aversivos. (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002).

As características enumeradas a seguir são mencionadas pelos autores como inclusas nas condições para se atingir o estado do *flow*:

- a. Desafios nítidos ou oportunidades para a ação que estendem (sem extrapolar ou subutilizar) as habilidades da pessoa. Estes desafios devem proporcionar um sentimento de que as capacidades do indivíduo são apropriadas para resolvê-los;
- b. Objetivos alcançáveis e claros, além de um *feedback* imediato sobre o progresso que está sendo feito.

É a percepção subjetiva dos desafios a serem encarados e das habilidades do indivíduo que influenciam a qualidade da experiência que uma pessoa sente durante uma atividade e, por consequência, facilitam ou dificultam a ocorrência do *flow*.

Os autores mencionam que um indivíduo consegue entrar em *flow* em qualquer atividade, como por exemplo dirigir e passar roupas. O contrário também se aplica, isto é, uma pessoa pode se sentir entediada com qualquer atividade, mesmo aquelas que tem uma natureza essencialmente divertida. No entanto, atividades que possuem as características citadas acima aumentam a possibilidade de que o *flow* aconteça.

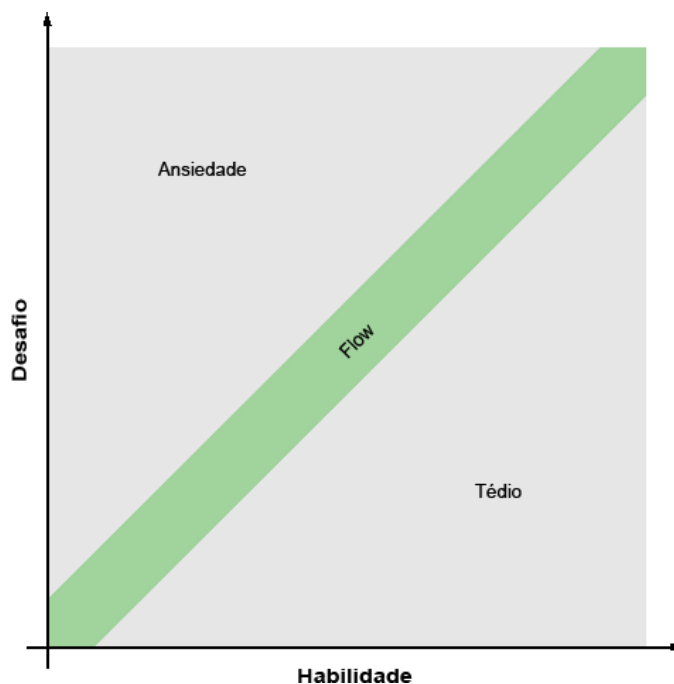
A atenção é um fator essencial para que o indivíduo consiga entrar e permanecer nesse estado. Os interesses desenvolvidos pela pessoa no passado afetam a forma com a qual ela direciona o foco de sua atenção no presente, devido à um condicionamento estrutural da mente. Apatia, tédio e ansiedade, assim como o *flow*, são estados que dependem de como a atenção está estruturada em um determinado momento. (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002).

Nakamura e Csikszentmihalyi (2005) explicam que o caminho contrário também é viável, isto é, se uma pessoa experimentar o *flow* em um determinado momento enquanto realiza uma atividade, esta passará a ser intrinsecamente interessante e motivadora para o indivíduo. O desejo de persistir e, possivelmente, retornar àquela atividade posteriormente é proveniente da qualidade da experiência que o usuário teve.

Por ser um estado naturalmente recompensador e por possuir esta característica de motivar um indivíduo a replicar situações em que o experimentou, o *flow* torna-se um mecanismo que fomenta o crescimento das habilidades de quem o experimenta. Ao conquistar uma dificuldade ou desafio, as habilidades do indivíduo naquela tarefa em questão melhoram e a atividade paulatinamente deixa de ser algo desafiador e, por consequência, algo envolvente. Isto, por sua vez, faz com que o indivíduo busque por dificuldades cada vez maiores para que possam manter o *flow* (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002).

Este fino equilíbrio entre dificuldade e habilidade é caracterizado pela curva observada na Figura 10, que consiste de um gráfico representando a área onde o equilíbrio entre dificuldade e habilidade otimizam as possibilidades do *flow*.

Figura 10 – Curva característica do estado de *Flow*



Fonte: Adaptado de NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002, p. 94.

Segundo Nakamura e Csikszentmihalyi (2005), tarefas e trabalhos escolares tendem a prevalecer na área superior esquerda da imagem, ou seja, onde a habilidade do aluno é baixa e o desafio é alto. Isto faz com que alguns alunos sintam-se sobrecarregados quando os riscos são altos. Nestes casos, o desafio torna-se estressante ao invés de motivador e a opção de reduzir esta dificuldade torna-se interessante.

Um estudo realizado em estudantes de colegial revelou que as predisposições em relação ao trabalho e ao lazer já estão presentes nesta faixa etária, e intensificam através da adolescência. A motivação para realizar atividades consideradas trabalho era inferior às experiências consideradas como entretenimento, como assistir televisão, mesmo levando em consideração o fato de que as atividades de trabalho estavam associadas a um maior nível de concentração, importância e autoestima (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2002).

Outro dado obtido pela mesma pesquisa mostrou que estudantes oriundos de famílias mais complexas dedicam mais tempo a atividades que envolvem um alto nível de habilidade e



desafio e menos tempo naquelas que requerem um grau baixo destes dois fatores, se comparados à estudantes de outros tipos de família.

Segundo os autores, ambientes educacionais apresentam uma excelente oportunidade para aplicar os conceitos do *flow* de forma direta.

## 2.7 O ensino através de analogias

### 2.7.1 Definição

Assim como o conceito do que é um jogo, as analogias foram definidas por diversos autores ao longo do tempo. Em suas pesquisas, Duarte (2004) encontrou as seguintes definições:

- A analogia é um processo para a obtenção do conhecimento que envolve uma comparação entre duas coisas, segundo Newby<sup>18</sup>;
- Analogia consiste num processo de identificação de semelhanças entre um conceito conhecido e um conceito desconhecido, segundo Glynn<sup>19</sup>;
- A analogia é uma comparação baseada em similaridades entre estruturas conhecidas e desconhecidas, de acordo com Duit<sup>20</sup> e Treagust et Al<sup>21</sup>.

Para a autora, a semelhança entre estas definições é o fato de que a analogia envolve um processo de comparação ou relação entre um elemento conhecido e outro desconhecido.

Ainda de acordo com Duarte (2004), o pensamento analítico teve sua origem junto ao aparecimento da linguagem e vêm sendo estudado desde a antiguidade por filósofos como Platão e Aristóteles. Originada do grego “*ἀναλογία*”, a palavra analogia possuía originalmente o significado matemático de proporcionalidade. Com o passar do tempo, a palavra tomou o seu significado moderno: a atribuição de um relacionamento lógico ou característico entre dois conceitos quaisquer, independente de possuir ou não natureza matemática, sem que estes sejam idênticos por totalidade, mas que um ajude a compreender o outro (HARPER, 2014).

---

<sup>18</sup> Newby, T. (1987). Learning Abstract Concepts: The Use of Analogies as a Mediational Strategy. **Journal of Instructional Development**, 10(2), 20-26.

<sup>19</sup> Glynn, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). **The Psychology of Learning Science**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.

<sup>20</sup> Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. **Science Education**, 75 (6), 649-672

<sup>21</sup> Treagust, D., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I. (1992). Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice. **International Journal of Science Education**, 14 (4), 413-422.

Este recurso vem sendo utilizado desde então como uma espécie de ferramenta por teóricos e cientistas. Duarte (2004) afirma que “Ao longo da História da Ciência existem inúmeros exemplos de como a analogia foi utilizada e contribuiu para o avanço da ciência nas mais diversas áreas disciplinares”.

### 2.7.2 Analogias no ensino

O pensamento analógico faz parte do núcleo da cognição humana e é um componente essencial para uma vasta miríade de funções como a solução de problemas, raciocínio, aprendizado e descobertas (PALCHUK; CHEN, 2009).

As analogias no ensino seriam usadas para comparar um conceito já familiar para os alunos com um novo a ser ensinado, desta forma facilitando a compreensão do assunto ou, ao menos, de algumas de suas partes.

Entretanto, quando aplicada no contexto do ensino, não há um consenso na comunidade científica sobre as vantagens ou desvantagens que as analogias oferecem. Segundo Duarte (2004), as potencialidades incluem:

- a) As analogias incentivam o raciocínio, e evoluem algumas capacidades cognitivas como por exemplo a criatividade;
- b) Tornam conceitos mais fáceis de serem entendidos, especialmente quando se tratam de conceitos abstratos;
- c) Podem ser utilizadas para catalisar a evolução de conceitos;
- d) Permitem a construção de representações alternativas de um determinado conceito;
- e) Podem ser utilizadas para avaliar se os alunos compreenderam um assunto corretamente.

Além das vantagens, a autora também cita alguns problemas:

- a) O aluno pode confundir o foco do que o professor está querendo ensinar com o objeto análogo, ou seja, assumir que o que está sendo ensinado é o que está sendo usado como comparação para ensinar um outro conceito;
- b) O aluno pode não conseguir conectar os conceitos e visualizar a relação entre eles;
- c) O aluno pode falhar em perceber que o que está sendo feito é, de fato, uma analogia, dificultando a compreensão ainda mais;

- d) O foco pode ser aplicado apenas aos aspectos positivos de uma analogia, desvalorizando suas limitações.

Apesar destes riscos, tem-se observado um crescente número de estudos sobre analogias no ensino, especialmente nas últimas décadas, e especialmente no contexto da ciência cognitiva (DUARTE, 2004).

Um desses estudos abordou o ensino de genética utilizando uma metodologia denominada “Atividade Didática baseada em Analogia” (ADA), cujo resultado apontou que “o uso de analogias é uma estratégia significativa no ensino, pois instiga a participação dos alunos, permite que estes formulem uma compreensão dos conceitos, ao invés de decorá-los, e evita a efetivação de (sic)pré-concepções” (PEDROSO; AMORIM, 2009).

Goulart (2008) sugere a inserção de analogias na sala de aula não só pelo fato disso facilitar a aprendizagem dos conceitos, mas também para tornar esta técnica familiar para os alunos de forma que eles possam reaproveitá-la em diversas situações da sua vida na hora de construir seu conhecimento. Adicionalmente, deve-se ter uma preocupação em deixar claras as diferenças e as semelhanças entre os componentes da analogia, também chamados de domínio alvo e domínio base. Ela ainda enfatiza que a analogia deve ser esquecida assim que o novo conceito foi aprendido:

Particularmente acreditamos que o raciocínio analógico seja indispensável na aprendizagem de conceitos científicos, embora finalizada a fase de aquisição do conceito, o aprendiz deva se emancipar da analogia inicial, pois o conceito uma vez integrado e operante na estrutura cognitiva do sujeito passa a estabelecer novas relações e conexões que lhe conferem identidade e sentidos próprios, independente das analogias utilizadas inicialmente para a sua apropriação por parte do aprendiz (GOULART, 2008, p.35).

## **2.8 O ensino de física nas escolas**

De acordo com o MEC, os Parâmetros Curriculares Nacionais são a referência oficial para a educação no ensino fundamental e médio do Brasil. Têm a função de orientar e garantir a coerência dos tópicos ensinados na escola (MEC-SEMTEC, 2002).

Consta neste documento que as disciplinas de Física devem ser organizadas de forma que contenham as competências necessárias para a compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos, apresentando os princípios, leis e modelos envolvidos. Deve-se apresentar também todo o processo de construção deste conhecimento, que ocorreu durante a história da humanidade, e que foi impregnada pelas contribuições culturais, econômicas e sociais ao longo do tempo.

Tomemos como exemplo o tema relevante para esta monografia, a eletrodinâmica. De acordo com o PCN, precisa-se explorar os fenômenos elétricos e magnéticos para que possa haver uma compreensão dos equipamentos eletromagnéticos que compõem a vida da nossa sociedade hoje em dia, desde os equipamentos utilizados em casa até os geradores de energia para uma cidade. Desta forma, visa-se permitir ao aluno compreendê-los, utilizá-los e dimensiona-los no seu dia-a-dia.

## **2.9 A importância do software educacional no ensino de física**

Segundo Santos, Santos e Fraga (2002), a disciplina de Eletromagnetismo, apesar de muito importante, geralmente vem acompanhada por um certo medo por parte dos estudantes, ou uma dificuldade no entendimento correto de seus conceitos e teorias. Isto acontece pois, geralmente, os conhecimentos desta matéria são apresentados somente por fórmulas matemáticas ou não vêm acompanhadas por experimentos laboratoriais. Desta forma, há um maior foco na memorização dos conceitos sem se importar em apresentar aos alunos uma "visualização" dos conceitos desta matéria, como a carga elétrica ou a onda eletromagnética, fazendo com que eles apresentem uma dificuldade no aprendizado dos principais conceitos da matéria e sua aplicação em situações do dia-a-dia.

Os autores acreditam que os métodos de aprendizado tradicionais se tornam falhos a partir do momento que se considera o avanço tecnológico que a sociedade está vivendo. Para eles, a solução é a utilização de um software educacional que se torne uma ferramenta complementar para o estudo de Física além de poder ser um recurso didático que desperta o interesse dos alunos.

Goulart (2008) acrescenta que para evitar que a Física ensinada nas escolas tenha um foco somente nas equações e, então, promover um ensino da matéria explorando as ideias e conceitos envolvidos, é inevitável a utilização de analogias. Ao extrair a essência do significado de um conceito físico e apresentá-lo utilizando símbolos universais, os conceitos e fórmulas da física tomam uma forma mais atraente e eficiente para os alunos, convidando-os a pensar e transformar seu conhecimento. A autora constatou por experiência própria a efetividade da utilização de analogias em sala de aula. De acordo com ela, o lugar em que a analogia tem o melhor efeito é no ensino de conceitos que necessitam de um maior grau de abstração, como por exemplo o conceito de campo eletromagnético, ou o potencial elétrico.

## 2.10 Definição dos conceitos de física

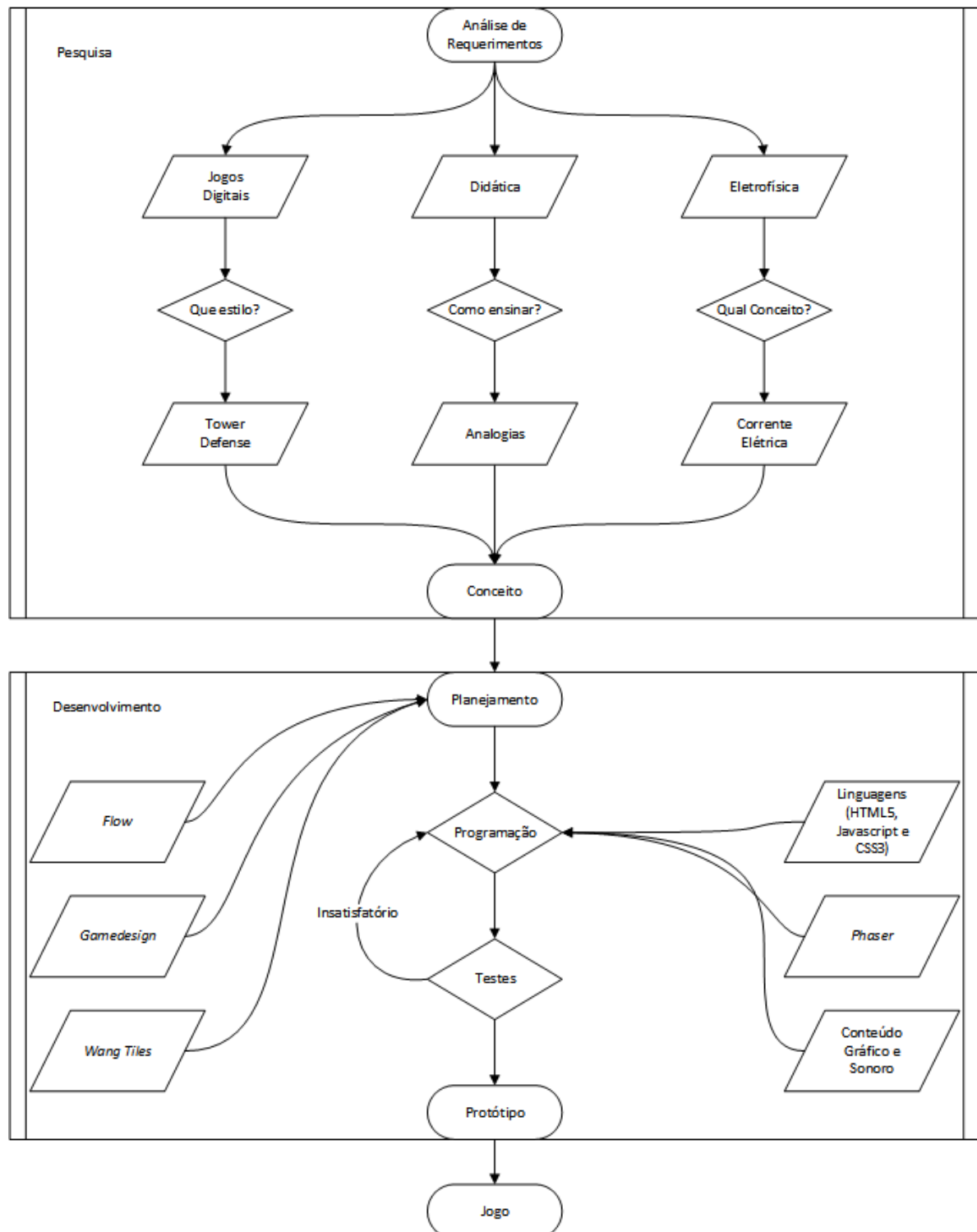
De acordo com Young e Freedman (2012), o eletromagnetismo é um dos quatro tipos de forças fundamentais da física, e envolve tanto a eletricidade quanto o magnetismo. Um dos focos desta matéria é apresentar o comportamento da energia elétrica. Este trabalho utiliza os seguintes conceitos da matéria de Energia Elétrica, cujas definições foram baseadas no livro de Young e Freedman (2012):

- Diferença de potencial: É o trabalho realizado pela força elétrica sobre uma partícula quando ela se desloca de um ponto A para um ponto B em um campo elétrico;
- Corrente elétrica: É o movimento das cargas elétricas de um ponto para outro em um meio condutor devido à diferença de potencial. A corrente flui da extremidade com maior potencial para a extremidade de menor potencial. Quando a trajetória deste movimento é um circuito fechado, ela passa a se chamar circuito elétrico;
- Resistência: É o obstáculo encontrado pela corrente elétrica ao passar por um meio condutor. Materiais bons condutores possuem resistividade baixa, facilitando desta forma a passagem da corrente. Já os maus condutores possuem resistividade alta, dificultando, por sua vez, a passagem da corrente.

### 3 MÉTODOS E MATERIAIS

A Figura 11 representa o fluxo tomado durante a elaboração deste projeto, desde seu planejamento, pesquisas bibliográficas até seu desenvolvimento.

Figura 11- Fluxograma do projeto



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.1 Pesquisa bibliográfica

Nesta etapa foram analisados todos os conceitos teóricos, didáticos e tecnológicos para que fosse possível produzir um produto mínimo viável que deste momento em diante chamaremos de Protótipo do Jogo.

A pesquisa inicial foi separada em três partes: Jogos Digitais, Didática e Física elétrica.

#### 3.1.1 Jogos Digitais: gênero e especificações

Os requisitos que foram levantados pelo autor para a construção de um jogo digital educacional são:

- a) Gênero do jogo;
- b) Linguagens de programação;
- c) Plataformas alvo;
- d) *Framework* utilizada.

O gênero “*Tower Defense*” foi escolhido para o desenvolvimento. Lembrando que este estilo de jogo é caracterizado por uma rota por onde os inimigos devem passar para chegar a um outro destino, geralmente do lado oposto de onde partiram relativo à tela, e que o papel do jogador é posicionar armadilhas ou unidades defensivas para impedir que isto aconteça.

Essa escolha foi feita devido à semelhança entre as rotas mencionadas acima, características deste estilo de jogo, com circuitos elétricos. Esta similaridade é utilizada didaticamente em forma de analogia para explicar o conceito da corrente elétrica.

O papel do jogador é posicionar e ajustar estruturas nas estradas que representarão os resistores sendo colocados em um fio, e seu objetivo será fazer com que o número elétrons que passarão por cada estrada ou fio seja igual a um número gerado aleatoriamente, que será indicado em cada estrada.

Como um dos objetivos do projeto é tornar o jogo acessível para qualquer pessoa a partir de qualquer tipo de computador ou dispositivo que tenha acesso à *internet*, optou-se por utilizar tecnologias que possam ser processadas por todos estes dispositivos. Os navegadores representam uma destas tecnologias e estão presentes em todos os *computadores*, *smartphones* e *tablets*, além de serem um requisito básico para que o acesso a *world wide web*.

Portanto o jogo foi desenvolvido nas linguagens HTML5 e JavaScript que são interpretadas por todos os navegadores modernos, isto é, como o Chrome, Firefox, Safari e o

Internet Explorer, os quatro maiores navegadores de acordo com pesquisas realizadas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) no ano de 2014 (AWIO WEB SERVICES LLC, 2015).

Várias frameworks foram estudadas e analisadas antes de ser escolhida a que seria usada para o desenvolvimento do jogo. Para a tomada desta decisão, foram enumeradas algumas funcionalidades desejáveis e cada *framework* foi analisada para garantir que o item constava em sua biblioteca. Estas funcionalidades são: funções de manipulação de *sprites*, animação, suporte a *tiles* e *tilesets*, compatibilidade entre os navegadores, capacidade de reproduzir sons e música, e controle sobre o volume destes, capacidade de *caching* ou *preloading* e preço.

O resultado do que constava em cada framework quando esta pesquisa foi realizada encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela contendo as funcionalidades de cada framework

Framework	Sprites	Animação	Tilessets	Gratuito	Compatível	Som	Música	Volume	Cache
Three.js	X	X		X					X
Pixi.js	X	X		X	X				
CreateJS Suite	X	X		X	X	X	X	X	X
Phaser	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Playcanvas		X		X	X	X		X	
Turbulenz	X	X		X	X	X	X	X	X
LycheeJS	X	X		X	X	X	X	X	
Cocos2d-x	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborada pelo autor.



Dentre as características julgadas desejáveis para o desenvolvimento do jogo, a Phaser foi a que mais se destacou devido ao fato de ser gratuita e *open source*<sup>22</sup> além de contar com uma vasta biblioteca de funções, como por exemplo toda a manipulação de sons, imagens, *sprites* e *tilesets*, funcionalidades que facilitam consideravelmente a produção do jogo.

### 3.1.2 Física Elétrica: quais conceitos serão abordados

Apesar de a física elétrica englobar um grande número de conceitos, este projeto irá focar no ensino de diferença de potencial, corrente elétrica e resistência, que segundo Santos (2010), são conceitos básicos e introdutórios ao aprendizado de física elétrica.

Foi realizado um estudo sobre estes tópicos, utilizando-se de livros do acervo da biblioteca da UNESP e em fontes *online* para garantir a acurácia das informações e fixar o conteúdo que este projeto visa ensinar.

### 3.1.3 Didática: como o aluno será ensinado

Para a parte didática do projeto, foram realizadas pesquisas através da *internet* no motor de pesquisas do Google em repositórios de artigos, assim como em websites voltados para a educação. Foram também consultados livros e teses no acervo da biblioteca da Unesp no campus de Bauru. Estas buscas tinham como objetivo encontrar a melhor forma de transmitir conceitos educacionais através de jogos eletrônicos.

A analogia foi escolhida como forma de transmitir o conhecimento para o aluno, utilizando de um conceito de fácil entendimento e que já faz parte do domínio do aluno para ensinar um conceito novo e mais complexo.

No jogo, é feita uma personificação intencional do elétron, de forma que o aluno o veja como uma pessoa e que a ele associe comportamentos sociais. Isto é utilizado para representar a diferença de potencial (DDP), que é o fator responsável pela movimentação de cargas elétricas em um circuito.

A DDP será comparada à dois hotéis onde um está superlotado, análogo ao polo negativo de uma bateria ou gerador, e o outro completamente vazio, representando o polo positivo. O aluno assumirá que os elétrons desejarão ir para o estabelecimento vazio e, para isso, terão que atravessar uma pequena estrada que liga os dois hotéis. Este movimento

---

<sup>22</sup> “Código aberto” em português, refere-se a softwares cujo código-fonte esteja disponível para a comunidade e que esta tenha a permissão de fazer alterações e melhorias naquele. Disponível em: <<http://opensource.com/resources/what-open-source>>. Acesso em: 28 fev. 2015. (Tradução nossa).

caracterizará o conceito de corrente elétrica e servirá também como recurso para que o professor explique o motivo pelo qual as cargas elétricas se movimentam de um polo ao outro.

A Resistência elétrica será análoga a um pedágio nesta estrada, e o valor da resistência será representada pela tarifa deste pedágio. Espera-se que o aluno intuitivamente associe o alto custo de um pedágio com a preferência de um elétron de ir por uma outra rota, com menor custo. O professor poderá utilizar esta conexão para explicar a razão da corrente ser inversamente proporcional à resistência, inferência que não será feita no jogo diretamente.

O aluno será colocado no papel do administrador dessa estrada, que precisa controlar o movimento por ela de maneira a evitar que uma das estradas se congestione muito e acabe sendo danificada, e serão estipulados números máximos de elétrons que devem passar por cada caminho para atingir este objetivo.

O jogador terá controle do número de elétrons que irão trafegar por uma via através do valor da taxa cobrada em cada pedágio.

## **3.2 Desenvolvimento do Jogo**

### *3.2.1 Flow*

Uma das características desejáveis em um jogo digital educativo é que ele seja capaz de fixar e manter a atenção dos alunos focada e que inspire-os a querer continuar aprendendo, expandindo suas capacidades.

Para que isso seja possível, foi utilizado o conceito do Flow como base, em especial, as condições para que este estado mental seja atingido, como descrito por Nakamura e Csikszentmihalyi (2002).

Os autores mencionam que para atingir este estado, é necessário que o nível de dificuldade da atividade escale proporcionalmente às habilidades do jogador, além de respostas imediatas para manter o fluxo. Em frente a este desafio, decidiu-se por dar ao jogador a opção de escolher qual nível de dificuldade ele deseja, para tentar estender a diversão proporcionada pelo jogo e, por consequência, o período em que ele irá dedicar ao aprendizado.

Para evitar que a experiência se torne estressante, o jogo não limitará o tempo que o jogador terá para escolher o valor de cada resistência. Cada nova onda ou exercício terá início quando o jogador se sentir preparado e clicar no botão que dará início à checagem de valores.

Assim que o botão for pressionado, os valores que o aluno colocou para os resistores serão utilizados para se calcular a corrente que atravessará aquele segmento e a animação dos elétrons caminhando pelo circuito de maneira inversamente proporcional ao valor das

resistências de cada circuito, análogos à quantidade de corrente que passaria em um circuito de mesma forma.

Neste momento, o jogador poderá ver onde errou e quais eram os valores corretos para todos os caminhos, efetuando o *feedback* descrito por Nakamura e Csikszentmihalyi (2005).

### 3.2.2 Gamedesign

Para construir o jogo no gênero *Tower Defense*, foi necessária a definição dos métodos e estruturas que serão utilizados para representar os conceitos de uma forma agradável e eficiente.

Decidiu-se utilizar o conceito de *Tile maps* para representar o cenário do jogo, com a opção de alterar entre *Tilesets* diferentes para facilitar a associação com a forma que os circuitos elétricos são apresentados em salas de aula.

Para o acabamento e a locomoção através das rotas do circuito, utilizou-se o conceito de Wang Tiles para atribuição de conectividade entre os *tiles*.

O conceito e técnicas relacionadas a *sprites* foram utilizadas para representar entidades como elétrons e os pedágios.

### 3.2.3 Tiles, Tilemaps e Tilesets

*Tile maps* são uma forma de utilizar partes de uma imagem como peças para a montagem de uma outra (WOLF, 2012).

Utilizando-se de analogias, pode se comparar o funcionamento desta técnica à montagem de um mural cujo desenho é composto por azulejos quadrados. Cada azulejo desta parede equivale a um *tile* e seu desenho pode ou não ser idêntico ao de outros nesta mesma parede, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12- Pannel de azulejos.



Fonte: Jornal de viagens bugbitten<sup>23</sup>

Desta forma, o cenário do jogo será composto por uma grade de pequenos quadrados, que por sua vez são recortes de uma imagem maior. Esta imagem maior é denominada *tileset* e contém todas as possibilidades de textura que um *tile* pode assumir.

Neste projeto, decidiu-se utilizar *tiles* quadrados com 32 *pixels*<sup>24</sup> de lado, para evitar que as imagens dos *tilesets* deixem o jogo muito grande e demorado para o carregamento. Os *tilesets* foram desenhados manualmente pelo autor utilizando o editor gráfico *Adobe Photoshop CS3* e cada um deles tem um propósito diferente.

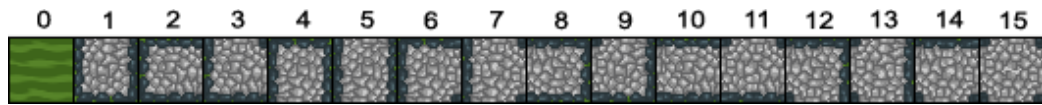
O primeiro *tileset* (Figura 13) representa uma estrada de pedras, com o estilo gráfico “*pixel art*”<sup>25</sup> e seu intuito é facilitar a associação dos fios com estradas e a personificação do elétron.

<sup>23</sup> Disponível em: <[http://www.bugbitten.com/photos/Asia/nickbehn/Middle\\_East\\_Beirut\\_to\\_Jerusalem/55966-2400-1970074.html](http://www.bugbitten.com/photos/Asia/nickbehn/Middle_East_Beirut_to_Jerusalem/55966-2400-1970074.html)>. Acesso em: 28 jan. 2015

<sup>24</sup> Diminutivo de “Picture element”. Estes pequenos pontos são o que constituem as imagens em telas de computadores. A tela é dividida em uma matriz de milhares ou até mesmo milhões de pixels. Tipicamente, não é possível enxergar os pixels individualmente por serem minúsculos. Disponível em: <<http://techterms.com/definition/pixel>>. Acesso em: 28 fev. 2015. (Tradução nossa).

<sup>25</sup> Arte digital criada utilizando ferramentas gráficas para editar imagens ao nível de pixels. Este tipo de gráfico digital é utilizado em jogos de computador, videogame e até mesmo dispositivos móveis. Pixel art também é utilizada em pôsteres, capas de revista e tatuagens. Disponível em: <<http://www.developmentguruji.com/blog/142/Resurgence-of-Pixel-Art.html>>. Acesso em: 28 fev. 2015. (Tradução nossa).

Figura 13- *Tileset 1*, representando uma estrada de pedra.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Já o segundo (Figura 14) representa um circuito elétrico da mesma forma que é representado em salas de aula, com traços representando fios e sem nenhum estilo. Este visa aproximar o jogo com o que foi visto pelos alunos em sala de aula.

Figura 14- *Tileset 2*, representando circuitos elétricos convencionais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O *Tilemap* do protótipo do jogo é uma área retangular cujas dimensões são trinta e dois *tiles* de largura por vinte de altura, para acomodar as rotas do circuito com certa facilidade. Além disso, a biblioteca do Phaser permite a utilização de coordenadas cartesianas com origem no canto superior esquerdo da tela para facilitar a localização dos *tiles* e a manipulação de dados. Desta forma, o *tile* localizado nas coordenadas (16, 10) estaria aproximadamente na parte central da área de jogo.

Cada *tile* também possui um valor inteiro que representa qual recorte da imagem deve utilizar para sua representação. Os valores são associados aos recortes automaticamente pela biblioteca assim que a imagem é carregada, em ordem crescente a partir do canto esquerdo da imagem.

No caso do projeto, os *tiles* foram configurados com dimensão 32 x 32 e as imagens utilizadas para o *tileset* com 512 x 32. Desta forma, os *tiles* podem ter valores de 0 a 15, que representam imagens como pode ser visualizado nas figuras 14 e 15.

### 3.2.4 O algoritmo de geração de rotas

Como os fios são representados por estradas no jogo, houve a necessidade de criar um algoritmo que gere estas rotas automaticamente. As estradas poderiam ter sido criadas de maneira estática, mas isso significaria que seriam graficamente sempre idênticas. Por isto,

decidiu-se por gerar estradas aleatórias, aumentando assim a variabilidade do jogo e reduzindo as chances dos jogadores ficarem entediados.

A dificuldade nesta tarefa foi fazer com que as estradas ficassem conectadas de uma forma intuitiva e realista. Para isso, foi planejado e implementado o algoritmo que funciona da seguinte forma:

A partir da largura da área do jogo, representada pela letra  $L$ , são calculadas seis coordenadas, representadas abaixo no formato  $(x, y)$ :

- I.  $(0, y_1)$ ;
- II.  $(L \times 0,25 - 2, y_2)$ ;
- III.  $(L \times 0,25, y_3)$ ;
- IV.  $(L \times 0,75, y_4)$ ;
- V.  $(L \times 0,75 + 2, y_5)$ ;
- VI.  $(L - 1, y_6)$ .

Para  $y_1$ , e  $y_6$ , são gerados valores aleatórios maiores que um e menores que a  $L - 2$ , para evitar que a estrada comece muito longe do centro vertical do mapa. Estes valores representarão o início e o fim da estrada, respectivamente.

Para  $y_2$ , e  $y_5$ , são gerados valores aleatórios que pertencem ao intervalo de números maiores que 30% da altura do mapa e menores que 60% da mesma. Estas coordenadas representarão os pontos onde a estrada irá bifurcar e a limitação em sua coordenada vertical serve para centralizar estas bifurcações verticalmente.

Em  $y_3$ , e  $y_4$ , são gerados múltiplos valores distintos para cada uma das variáveis, dependendo do número de rotas que se deseja ter. Para que as estradas não se cruzem novamente, a altura do quadro do jogo é dividida por este número. No caso do protótipo, serão duas rotas e estes valores serão chamados de  $y_{31}$ ,  $y_{32}$ ,  $y_{41}$  e  $y_{42}$ . Cada um desses valores será utilizado para a construção de pontos que representarão o início, no caso dos valores  $y_3$  e o fim, no caso dos valores  $y_4$  das rotas intermediárias. Estes pontos são calculados dentro de um objeto JSON<sup>26</sup>, demonstrado na Figura 15.

---

<sup>26</sup> JSON (JavaScript Object Notation) é um formato leve de intercâmbio de dados. É de fácil compreensão e escrita para humanos e fácil de ser interpretado e gerado por máquinas. Trata-se de um formato de texto que é completamente independente da linguagem sendo utilizada, mas que usa convenções que são familiares para programadores. Disponível em: <[http:// json.org/](http://json.org/)>. Acesso em: 5 mar. 2015. (Tradução nossa).

Figura 15- Pontos da rota no formato JSON.

```

var points = {
  start: {
    x: 0,
    y: game.rnd.integerInRange( 1, map.height - 2 )
  },
  intersect1: {
    x: ( map.width / 4 ) - 2,
    y: game.rnd.integerInRange( map.height * 0.3, map.height * 0.6 )
  },
  point1: {
    x: map.width / 4,
    y: game.rnd.integerInRange( 1, ( map.height / 2 ) - 1 )
  },
  point2: {
    x: map.width / 4,
    y: game.rnd.integerInRange( ( map.height / 2 ) + 1, map.height - 2 )
  },
  point3: {
    x: map.width * 3 / 4,
    y: game.rnd.integerInRange( 1, ( map.height / 2 ) - 1 )
  },
  point4: {
    x: map.width * 3 / 4,
    y: game.rnd.integerInRange( ( map.height / 2 ) + 1, map.height - 2 )
  },
  intersect2: {
    x: ( map.width * 3 / 4 ) + 2,
    y: game.rnd.integerInRange( map.height * 0.3, map.height * 0.6 )
  },
  end: {
    x: map.width - 2,
    y: game.rnd.integerInRange( 1, map.height - 2 )
  }
};

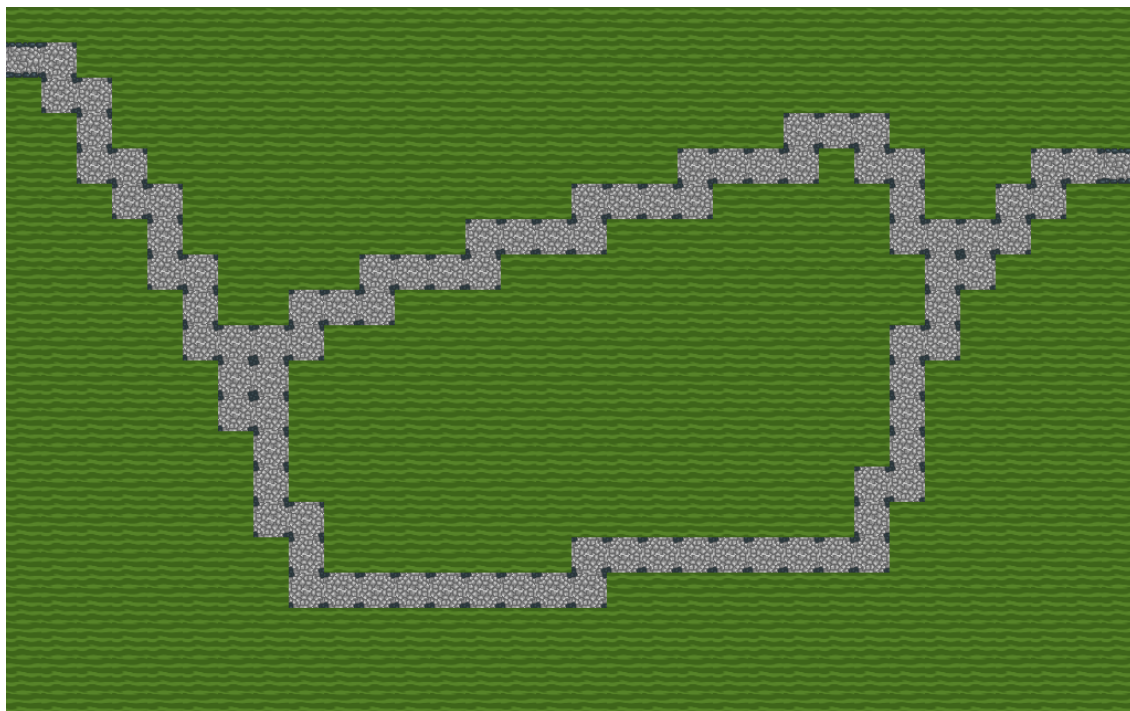
```

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, o algoritmo traça retas entre os pontos, com exceção dos pontos  $y_{3n}$  e  $y_{4n}$ , que se conectam apenas entre si se o valor representado por  $n$  for igual (exemplo:  $y_{31}$  e  $y_{41}$ ) e às interseções representadas por II e V, respectivamente. Os *tiles* que forem atravessados por estas retas tem sua textura alterada para a de valor numérico 15. A razão disso será explicada no subcapítulo 3.2.5.

Ao final do processo, obtém-se uma rota que começa no canto esquerdo da tela, se bifurca aproximadamente em  $\frac{1}{4}$  da tela, se juntando novamente em  $\frac{3}{4}$  e finalmente terminando no lado direito (Figura 16).

Figura 16- Exemplo de rota gerada pelo algoritmo



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.5 Wang tiles

A rota gerada pelo algoritmo explicado no capítulo anterior não é esteticamente agradável e muito menos realista, como pode-se observar na Figura 16. Se fosse deixada desta forma, muitos jogadores poderiam se desinteressar imediatamente pelo jogo por falta de apelo estético ou por não conseguirem enxergar o conceito análogo.

Esta é a razão do processamento realizado logo após a geração das rotas, utilizando parte dos conceitos propostos por Hao Wang em 1961, que propôs um sistema composto por um conjunto de quadrados, onde cada um de seus lados é pintado de uma cor fixa e são organizados lado a lado em uma grade retangular, de forma que todos os lados tenham a mesma cor dos lados encostados dos quadrados adjacentes. Os quadrados não devem ser girados ou invertidos e geralmente todos os espaços da grade são preenchidos (STAGECAST SOFTWARE, 2015).

Se for tomado este cuidado, é possível utilizar isto para formar uma imagem de qualquer tamanho sem que haja nenhum tipo de quebra visual entre os tiles.



Para isso, é necessário utilizar o conceito de geração de *tilesets* descrito por Wang, que consiste em numerar cada *tile* com base em que lados este *tile* pode se conectar, utilizando para isso números binários.

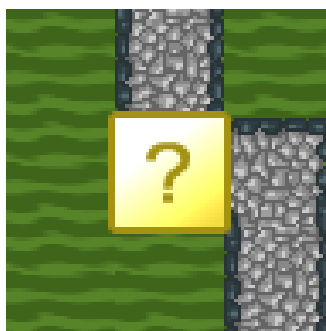
A numeração dos *tiles* neste projeto foi planejada de forma que os lados que se “encaixam” de cada *tile* esteja também representado pelo valor de sua textura, como requerido para que sejam considerados Wang Tiles.

Para isso, os valores 1, 2, 4 e 8 foram associados respectivamente a conexões com o *tile* adjacente acima, à direita, abaixo e à esquerda (Figura 13 e Figura 14). Desta forma, se um *tile* representa um segmento da estrada que se conecta com o *tile* à esquerda e com o *tile* à direita, temos o valor 10 ( $8 + 2$ ).

Ao se traçar uma reta entre dois pontos da rota, o algoritmo mencionado no capítulo anterior primeiro muda o valor da textura de cada *tile* que esta reta atravessa para 15, valor que representa graficamente uma parte da estrada que bifurca para as quatro direções ( $1+2+4+8$ ). Em seguida, a partir do primeiro ponto, calcula-se qual seria o valor mais apropriado para a representação gráfica de cada ponto específico.

Como esta operação é realizada repetidas vezes, foi criada uma função<sup>27</sup> que recebe como parâmetro as coordenadas do *tile* cujo gráfico deve se “adequar” aos seus adjacentes. A função coleta os valores de textura dos *tiles* adjacentes ortogonalmente ao *tile* cujas coordenadas foram passadas por parâmetro, e com essa informação, calcula através de operações lógicas e binárias quais lados sua textura deve se conectar.

Figura 17- Determinação da textura do bloco central



Fonte: Elaborada pelo autor.

<sup>27</sup> Na programação, uma função é uma seção de código com um determinado nome que realiza uma determinada tarefa específica. Neste sentido, uma função é um tipo de procedimento ou rotina. Algumas linguagens de programação fazem uma distinção entre funções, que retornam um valor e procedimentos, que apenas realizam algumas operações mas não retornam valor algum. Disponível em: <<http://www.webopedia.com/TERM/F/function.html>>. Acesso em: 1 mar. 2015. (Tradução nossa).

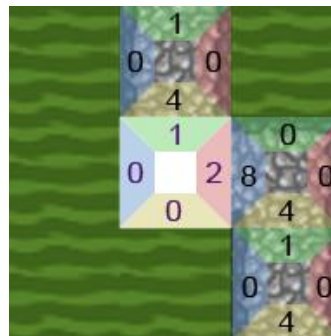
Exemplificando, suponhamos a situação inicial descrita pela Figura 17. O algoritmo da função coleta o valor de cada *tile* adjacente ao dourado, no caso, Acima teremos 5 ( $1 + 4$ ), à direita teremos 12 ( $8 + 4$ ) e à esquerda e abaixo teremos 0, pois estes não se ligam a nenhum *tile*.

Em seguida, para cada um dos valores coletados, é realizada a operação lógica E (ou *AND*) com o número definido de acordo com o conceito de *Wang Tiles*<sup>28</sup> para decidir se para o *tile* dourado haverá ligação para cada um dos lados representados por seus respectivos valores.

Como exemplo, a checagem do valor acima do *tile* dourado seria feita comparando o valor 5, que equivale a 0101 em binário com o valor 4, que equivale a 0100. O resultado da operação *AND* seria 0100, que equivale a 4 em decimal. O resultado diferente de zero indica que o *tile* dourado terá conexão com o *tile* acima, que é indicado pelo valor um.

Em contrapartida, do lado esquerdo do *tile* dourado é feita a mesma operação entre 0 e 8, que em binário são 0000 e 1000 respectivamente. O resultado desta vez é zero, o que indica que não há conexão entre os lados, indicado pelo valor zero. O mesmo é feito à esquerda e abaixo.

Figura 18- Valores de borda calculados para o *tile* central.

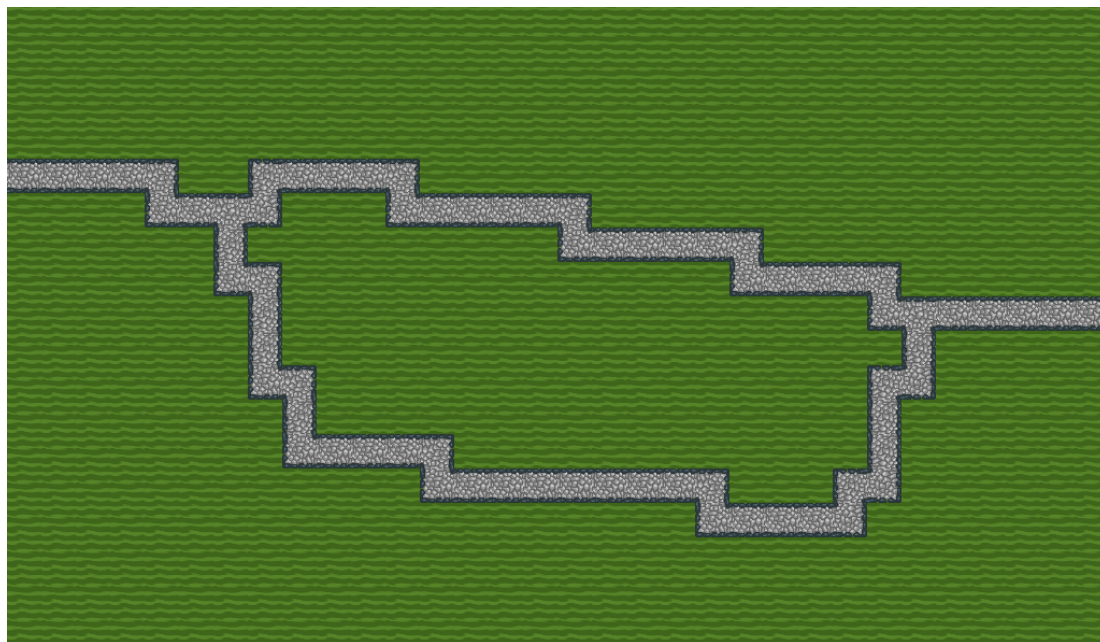


Fonte: Elaborada pelo autor.

Este procedimento é feito para todos os *tiles* alterados pela função de traçar as rotas, e o resultado final pode ser observado na Figura 19.

<sup>28</sup> Lembrando que estes valores 1, 2, 4 e 8 são associados respectivamente a conexões com o tile adjacente acima, à direita, abaixo e à esquerda.

Figura 19- Estrada após a execução da função



Fonte: Elaborada pelo autor.

O mesmo conceito é usado quando um elétron percorre a estrada, a direção que ele pode ir é definida pelo valor da textura de cada *tile*.

### 3.2.6 Sprites e Spritesheets

*Sprites* são um tipo de representação gráfica de elementos que evoluiu junto às tecnologias de computação gráfica modernas. Tipicamente, um *Sprite* é definido como uma imagem bidimensional, animada ou estática, que possui um papel definido dentro do contexto onde está inserida e é manipulada de maneira independente dentro de um ambiente maior (JANSSEN, 2015).

Neste projeto, *sprites* são utilizados para representar os elétrons graficamente na tela do jogo. A imagem que representa cada elétron é composta de poucos *pixels*, para que caibam mais elétrons na estrada e, desta forma, seja possível indicar ao aluno que são muitos os elétrons que se movimentam pelos fios de um circuito. Além dos elétrons, os “pedágios” também são representados por *sprites*.

A biblioteca sendo utilizada neste projeto, Phaser, contém uma vasta gama de funções para a manipulação e animação dos *sprites*, além de realizar o carregamento das imagens que contém cada quadro da animação de uma determinada entidade, denominadas *spritesheets*, e o recorte de cada um desses quadros automaticamente. A animação é feita trocando a imagem

representada no quadro da imagem constantemente, o que dá ao jogador a impressão de que aquela entidade está se movimentando.

### 3.2.7 Pontuação

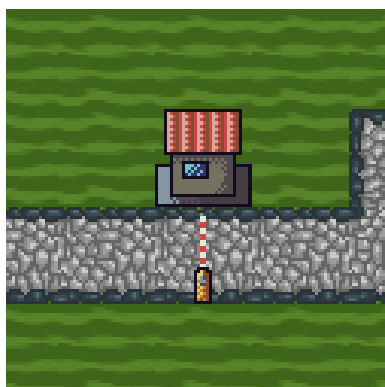
A pontuação do jogador será calculada com base na diferença do valor da corrente total para aquele determinado circuito subtraído da soma dos valores das correntes que excederam ou faltaram em cada rota do circuito, ou seja, cada unidade de corrente que passar ou faltar ao valor designado para um determinado segmento do circuito será subtraído da corrente total.

Desta forma, se o jogador acertou o valor das resistências das rotas, receberá a pontuação máxima, mas se errou no cálculo e atribuiu valores errados, receberá uma pontuação inversamente proporcional ao seu erro.

### 3.2.8 Atribuição das resistências

O valor das resistências será análogo ao valor da tarifa dos pedágios (Figura 20) que representarão os resistores dos circuitos. Este valor pode ser atribuído pelo jogador ao clicar nos pedágios.

Figura 20- Pedágio



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.9 Linguagens utilizadas

Para o desenvolvimento deste projeto, foram utilizadas as linguagens HTML5 e JavaScript.

HTML5 é uma linguagem de marcação cujo objetivo é a estruturação e a apresentação de diversos tipos de conteúdo. Interpretada por todos os navegadores modernos, o HTML5 trouxe consigo muitas mudanças importantes, como novas e um melhor controle sobre os elementos da página através das linguagens JavaScript e CSS. (W3CBRASIL, 2015).

Uma das novas funcionalidades adicionadas nesta versão e essenciais para a escolha desta tecnologia para o desenvolvimento deste projeto é o *canvas*, ou quadro em português, que permite a geração e manipulação de imagens através de JavaScript.

Neste projeto, o canvas é utilizado indiretamente pelo Phaser, que através das funções de sua biblioteca permite controlar o que é mostrado na tela.

Criada originalmente pela empresa Netscape como uma forma de adicionar interatividade e dinâmica aos *websites*, JavaScript é uma linguagem de programação interpretada que é bastante utilizada para o desenvolvimento de páginas e aplicações *web* (TECHTERMS, 2015).

Uma característica importante desta linguagem é o fato de ela ser executada no navegador da pessoa, em contraste à linguagens como PHP e ASP que executam no lado do servidor. Esta particularidade permite o processamento de informações sem necessariamente existir comunicação com um servidor. Outra peculiaridade da linguagem Javascript é a possibilidade da inserção de pedaços de código em qualquer lugar da estrutura do HTML (TECHTERMS, 2015). A consequência destas duas características é que o código fica e visível para qualquer pessoa que tenha acesso à página.

## 4 CONCLUSÃO

Conforme definido na introdução, este projeto teve como objetivo geral o planejamento, estruturação e desenvolvimento de um protótipo de jogo digital com propósito de ensinar os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência através de analogias.

Os conceitos necessários para o planejamento foram pesquisados extensivamente, e o conhecimento obtido foi essencial para a descoberta de elementos dos jogos digitais que podem potencializar o ensino e a posterior aplicação destes elementos no protótipo deste trabalho.

Em especial, se o conceito do estado mental nomeado *flow* puder ser aplicado à nova geração de jogos digitais na área da educação da mesma forma que já afeta os jogos não educacionais, teremos alunos sempre motivados, interessados e desejando conhecer mais. Criar um jogo que consiga provocar este estado de concentração em uma grande porcentagem dos alunos pode ser considerado como o santo graal dos jogos educacionais digitais.

Adicionalmente, as analogias aliadas ao ensino são ferramentas extremamente poderosas, pois possibilitam que o aluno reutilize parte da lógica de um conceito já dominado para aprender muito mais rapidamente um assunto novo e potencialmente mais complexo. Analogias são uma ferramenta intrínseca da lógica humana e as utilizamos diariamente, muitas vezes sem perceber, para tentar extrair sentido e significado de situações que não conhecemos.

Os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência foram obtidos através de um livro didático e portanto, são condizentes com o que é ensinado comumente em uma sala de aula. As analogias utilizadas representam com fidelidade o funcionamento destes fenômenos físicos.

O conteúdo gráfico do jogo foi criado pelo próprio autor durante o projeto com inspiração no conceito de *pixel art*. Este é um aspecto que pode ser melhorado com a contribuição de um artista especializado na geração de conteúdo artístico para jogos. Entretanto, o resultado artístico final foi satisfatório e consegue transmitir a representação gráfica dos objetos sendo usados como analogias.

Concluiu-se portanto que o projeto atingiu todos os objetivos propostos e espera-se que seja capaz de auxiliar alunos e professores no ensino e aprendizagem da matéria de física elétrica.

#### 4.1 Planos Futuros

Dado que o fruto deste projeto é somente um protótipo, pretende-se incrementá-lo das seguintes maneiras:

- Adição de mais conceitos físicos conforme o jogador progredir nos níveis do jogo, incrementando assim o conteúdo didático;
- Alteração no algoritmo de geração de rotas para permitir circuitos paralelos e sequenciais simultaneamente;
- Adição de conteúdo musical e melhoria do conteúdo gráfico para intensificar a experiência de imersão do aluno enquanto estiver jogando;
- Publicação do jogo em uma página *web*;
- Realização de testes com alunos do ensino médio que estejam iniciando o aprendizado de física elétrica;
- Elaboração de um roteiro para que haja um maior atrelamento do jogador com a alegoria analógica do jogo;
- Criação de uma interface onde o professor possa obter informações sobre o progresso dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- AWIO WEB SERVICES LLC. **Web Browser Market Share**. Disponível em:  
<<http://www.w3counter.com/globalstats.php?year=2014&month=12>>. Acesso em: 11 fev. 2015.
- CAILLOIS, Roger. **Les Jeux et Les Hommes**. Paris: Gallimar, 1958.
- CFH. **1972 Nutting Associates Computer Space**. 2008. Disponível em:  
<<http://web.archive.org/web/20081228061939/http://www.marvin3m.com/arcade/cspace.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2014.
- CHEN, Jenova. **Flow in Games**. Disponível em:  
<<http://www.jenovachen.com/flowingames/designfig.htm>>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- COFFEY, Heather. **Digital game-based learning**. Disponível em:  
<<http://www.learnnc.org/lp/pages/4970>>. Acesso em: 01 mar. 2015.
- CUBAN, L. **“Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920”**. Nova Iorque: Teachers College Press, 1986.
- DICTIONARY, Online Etymology. **Hazard**. Disponível em:  
<<http://www.etymonline.com/index.php?term=hazard>>. Acesso em: 13 maio 2014.
- DUARTE, Maria da Conceição. **Analogias na Educação em Ciências Contributos e Desafios**. 2004. Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, Portugal. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10\\_n1\\_a1.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a1.htm)>. Acesso em: 01 mar. 2015.
- EXTRA CREDITS. **The True Genius of Dark Souls II**. How to Approach Game Difficulty. 2014a. 8'43". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MM2dDF4B9a4>>. Acesso em 18 fev. de 2015.



EXTRA CREDITS. **Education: An End to Fear:** Why Students Hate Homework. 2014b. 4'19" Disponível em: <<http://youtu.be/JWyPLNi8rD8>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

GECK, Caroline. **The Generation Z Connection:** Teaching Information Literacy to the Newest Net Generation. 2006. Disponível em: <[http://www.redorbit.com/news/technology/397034/the\\_generation\\_z\\_connection\\_teaching\\_information\\_literacy\\_to\\_the\\_newest/](http://www.redorbit.com/news/technology/397034/the_generation_z_connection_teaching_information_literacy_to_the_newest/)>. Acesso em: 18 fev. 2015.

GIANTBOMB. **Tower Defense.** Disponível em: <<http://www.giantbomb.com/tower-defense/3015-413/>>. Acesso em: 7 fev. 2015.

GLENN, Marie; D'AGOSTINO, Debra. **The Future of Higher Education:** How Technology Will Shape Learning. Disponível em: <<http://eric.ed.gov/?id=ED505103>>. Acesso em: 01 mar. 2015.

GOULART, Janice Anita Bomfim. **Analogias e Metáforas no Ensino de Física: Um Exemplo em Torno da Temática de Campos.** 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4854/1/2008\\_JaniceAnitaBomfimGoulart.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4854/1/2008_JaniceAnitaBomfimGoulart.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2015.

HARPER, Douglas. **Online Etymology Dictionary.** 2014. Disponível em: <<http://www.etymonline.com/index.php?term=analogy>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

THE WHITE HOUSE. **Educate to Innovate.** Disponível em: <<http://www.whitehouse.gov/issues/education/k-12/educate-innovate>>. Acesso em: 13 maio 2014.

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens:** A Study of the Play-Element in Culture. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1949.

JACOBSON, Howard. **Gamification in Marketing: Lessons from the Khan Academy Website**. 2013. Disponível em:  
 <<http://searchenginewatch.com/sew/opinion/2303233/gamification-in-marketing-lessons-from-the-khan-academy-website>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

JANSSEN, Cory. **Sprite**. 2015. Disponível em:  
 <<http://www.techopedia.com/definition/2046/sprite-computer-graphics>>. Acesso em: 28 fev. 2015.

JUUL, Jesper. **The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness**. 2003. Disponível em: <<http://www.jesperjuul.net/text/gameplayerworld/>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

KATZ, Arnie; KUNKEL, Bill; WORLEY, Joyce. Video Gaming World. **Computer Gaming World**, p.44, ago. 1998.

KENT, Steven. **The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokemon: The Story Behind the Craze That Touched Our Lives and Changed the World**. New York: Three Rivers Press, 2001.

MCGONIGAL, Jane. **Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World**. United States: Vintage, 2012.

MEC, Ministério da Educação e do Desporto; SEMTEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ - Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

MODULES, E-learning Faculty. **Educational Games**. Disponível em:  
 <[http://elearningfacultymodules.org/index.php/Educational\\_Games](http://elearningfacultymodules.org/index.php/Educational_Games)>. Acesso em: 13 maio 2014.

MONTFORT, Nick; BOGOST, Ian. **Racing the Beam: the Atari vídeo computer system**. United States: Mit Press, 2009.

MURRAY, Harold James Ruthven. **A History of Chess**. Londres: Oxford University Press, 1913.

NAKAMURA, Jeanne; CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. The Concept of Flow. In: SNYDER, C. R.; LOPEZ, Shane J.. **Handbook of Positive Psychology**. New York: Oxford University Press, 2002. p. 89-105.

NEWSWIRE, Pr. **Video Game Competitions to Expand Stem Learning in the United States**. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/video-game-competitions-to-expand-stem-learning-in-the-united-states-71656557.html>>. Acesso em: 12 maio 2014.

PALCHUK, A.; CHEN, Z. **Analogy**. 2009. Disponível em: <<http://www.education.com/reference/article/analogy/>>. Acesso em: 28 fev. 2015.

PARKER, Phil. **Do you know how Generation Z pupils learn?** 2013. Disponível em: <<http://www.sec-ed.co.uk/blog/how-generation-z-is-different>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

PEDROSO, Carla Vargas; AMORIM, Mary Angela Leivas. Uso de uma atividade didática baseada em analogia para o ensino de genética: o que há de comum entre dois prédios iguais e cromossomos homólogos?. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X., 2009, Pucrs. **Anais / X Salão de Iniciação Científica PUCRS**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. p. 1618 - 1620. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

PICCIONE, Peter A.. **In Search of the Meaning of Senet**. Disponível em: <<http://www.gamesmuseum.uwaterloo.ca/Archives/Piccione/index.html>>. Acesso em: 13 maio 2014.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Fatores que Influenciam na Aprendizagem**. 2012. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/12327/fatores-que-influenciam-na-aprendizagem#!3>>. Acesso em: 31 jan. 2015.

POSSEHL, Gregory. **The Indian Ocean in Antiquity**. Disponível em:

<<http://books.google.com.br/books?id=PtzWAQAAQBAJ&lpg=PA166&ots=iowbkUnEIJ&dq=Gregory%20possehl%20dices&pg=PA3#v=onepage&q=Gregory%20possehl%20dices&f=false>>. Acesso em: 09 maio 2014.

PRENSKY, Marc. Digital game - based learning. **Acm Computers In Entertainment**, v. 1, 2003.

PRESSTV. **Burnt City, key to lost civilization**. 2007. Disponível em:

<<http://edition.presstv.ir/detail/5668.html>>. Acesso em: 13 maio 2014.

SANTOS, Antônio Vanderlei dos; SANTOS, Selan Rodrigues dos; FRAGA, Luciane Machado. Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Santo Ângelo, v. 24, n. 2, p.185-195, jun. 2002. Disponível em:

<[http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24\\_185.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_185.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2015.

SANTOS, Gutemberg Silva dos. **A eletricidade básica no ensino médio : interações cotidianas para potencializar o aprendizado**. 2010. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Física, Universidade Federal de Rondônia, Ji-paraná, 2010. Disponível em:

<[http://www.fisicajp.unir.br/downloads/1988\\_tccgutemberg.pdf](http://www.fisicajp.unir.br/downloads/1988_tccgutemberg.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2015.

SCIENCEDAILY. **Playing video games can boost brain power**. Disponível em:

<<http://www.sciencedaily.com/releases/2013/08/130821094924.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

STAGECAST SOFTWARE. **Wang Tile Maze Design**. Disponível em:

<<http://www.cr31.co.uk/stagecast/wang/intro.html>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

TECHTERMS. **JavaScript**. Disponível em: <<http://techterms.com/definition/javascript>>.

Acesso em: 3 mar. 2015.

VAN ECK, Richard. **Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless**. Educase Review, 2006.

W3CBRASIL. **Visão geral do HTML5**. Disponível em:  
<<http://www.w3c.br/cursos/html5/conteudo/>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

WINTER, David. **Welcome to Pong-Story**: The site of the First Video Game. Disponível em: <<http://www.pong-story.com/intro.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Philosophical Investigations**. Great Britain: Basil Blackwell, 1953.

WOLF, Mark J. P.. **Before the Crash**: Early Video Game History. Detroit: Wayne State University Press, 2012. 272 p.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física III : Eletromagnetismo**. São Paulo: Pearson, 2012. 425 p.