



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MAURILIO MARTINS CAMPANO JUNIOR

**USO DOS COMPONENTES DE JOGOS COMO DIRETRIZES  
PEDAGÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS  
EDUCACIONAIS**

---

Londrina  
2021

MAURILIO MARTINS CAMPANO JUNIOR

**USO DOS COMPONENTES DE JOGOS COMO DIRETRIZES  
PEDAGÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS  
EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Dr. Alan Salvany Felinto

Londrina  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

C186 Campano Junior, Maurilio Martins.  
    Uso dos Componentes de Jogos como Diretrizes Pedagógicas no Desenvolvimento de Jogos Educacionais / Maurilio Martins Campano Junior. - Londrina, 2021.  
    70 f. : il.

    Orientador: Alan Salvany Felinto.  
    Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2021.  
    Inclui bibliografia.

    1. jogos digitais educativos - Tese. 2. jogos digitais e aprendizagem - Tese. 3. aprendizagem com jogos digitais - Tese. I. Felinto, Alan Salvany. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDU 519

MAURILIO MARTINS CAMPANO JUNIOR

**USO DOS COMPONENTES DE JOGOS COMO DIRETRIZES  
PEDAGÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS  
EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Alan Salvany Felinto  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Jacques Duílio Brancher.  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Diene Eire de Mello  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 06 de julho de 2021

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina, em especial aos professores Alan e Cinthyan. Este trabalho foi desenvolvido em conjunto com o aluno Henrique Cristóvão de Souza, que cursa a graduação em Ciência da Computação, e realizou seu Trabalho de Conclusão de Curso e Estágio Obrigatório no desenvolvimento do jogo *CastAway*. Muito obrigado pela parceria e sucesso no seu Mestrado agora.

À minha família, Maurílio, Flora e Camila, e bixiguinhos (Zoé e João Grilo). Amo vocês incondicionalmente.

Ao meu morzão Paula ANDRESSA Correia, te amo,

Aos amigos, que se eu nomear por aqui teríamos mais duas páginas com certeza, mas saibam que amigos são a família que a gente escolhe, valeu.

*“A beleza vai redimir o mundo”*

CAMPANO JUNIOR, M. M. **Uso dos Componentes de Jogos como Diretrizes Pedagógicas no Desenvolvimento de Jogos Educacionais**. 2021. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## RESUMO

O uso de jogos educativos visa complementar e aprimorar o conteúdo ministrado em sala de aula, oferecendo de forma didática e lúdica conceitos teóricos e práticos nas mais diversas áreas do conhecimento. Jogos digitais fazem parte da cultura dos alunos, é um meio de comunicação e interação natural entre eles, e por isso pode ser um poderoso recurso pedagógico. No entanto, grande parte dos jogos educativos apresentam somente o lado pedagógico, sem incorporar elementos divertidos. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar os componentes dos jogos e utilizá-los como recursos pedagógicos no processo do desenvolvimento de jogos educativos. Para atingir esse objetivo, realizou-se pesquisas bibliográficas de metodologias de desenvolvimento de jogos, de teorias de ensino e aprendizagem, para a criação de indicativos/diretrizes para incorporar elementos pedagógicos no uso dos componentes de jogos. Estas diretrizes visam auxiliar o desenvolvimento de jogos educativos, se apropriando dos recursos de desenvolvimento de jogos digitais, que os tornam divertidos e tão populares, tornando a experiência de aprender com jogos mais efetiva e divertida. Para mostrar a aplicação das diretrizes, foi elaborado um estudo de caso no desenvolvimento de um jogo educacional, na área de linguagens regulares e autômatos finitos. O jogo se chama Castway, e aborda treze componentes de jogo.

**Palavras-chave:** jogos digitais educativos; jogos digitais e aprendizagem; aprendizagem com jogos digitais.

CAMPANO JUNIOR, M. M. **Use of Game Components as Pedagogical Guidelines in Educational Game Development.** 2021. 69 p. Master's Thesis (Master in Science in Computer Science) – State University of Londrina, Londrina, 2021.

## **ABSTRACT**

The use of educational games aims to complement and improve the content taught in the classroom, offering didactic and playful form, theoretical and practical concepts in the most diverse areas of knowledge. Digital games are part of the students' culture, it is a means of communication and natural interaction between them, and for this reason it can be a powerful pedagogical resource. However, most educational games have only the pedagogical side, without incorporating fun elements. Thus, this work aims to analyze the components of games and use them as pedagogical resources in the process of developing educational games. To achieve this goal, bibliographical research was carried out on game development methodologies, teaching and learning theories, for the creation of indicatives/guidelines to incorporate pedagogical elements in the use of game components. These guidelines are intended to assist the development of educational games by appropriating the resources of digital game development that make them fun and so popular. making the learning experience with games more effective and fun. To show the application of the guidelines, a case study was elaborated in the development of an educational game, in the area of regular languages and finite automata. The game is called Castway, and it covers thirteen game components.

**Keywords:** digital educational games; digital games and learning; learning with digital games.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Gamification Model Canvas</i> adaptado de Jiménez [1] . . . . .	15
Figura 2 – <i>Game Design Canvas</i> de Carey [2] . . . . .	16
Figura 3 – <i>Game Design Canvas</i> de Carvalho [3] . . . . .	17
Figura 4 – <i>Game Design Canvas</i> adaptado de Star [4] . . . . .	18
Figura 5 – <i>Game Design Canvas</i> adaptado de Sarinho [5] . . . . .	19
Figura 6 – Perspectivas do jogador e do <i>designer</i> no modelo MDA [6] . . . . .	19
Figura 7 – Mapeamento do modelo MDA e as habilidades do jogador no gráfico da teoria do fluxo [7] . . . . .	21
Figura 8 – Adaptação dos componentes do modelo de Melero [8] e suas interações	22
Figura 9 – Fluxo do processo de desenvolvimento de jogos sérios. Adaptado de Alcover [9] . . . . .	23
Figura 10 – Processos da metodologia de desenvolvimento de jogos sérios de simulação de Rocha [10] . . . . .	24
Figura 11 – Relacionamento entre mecânicas de jogos sérios, questões pedagógicas, e padrões de <i>design</i> . Adaptado de Lim [11] . . . . .	26
Figura 12 – Modelo de Aprendizado com Mecânica de Jogos. Adaptado de Lim [11]	27
Figura 13 – Teoria da atividade para jogos educativos <i>multiplayer</i> focado nas características do aprendiz. Adaptado de Paraskeva [12] . . . . .	28
Figura 14 – Relações entre jogo, jogador e professor. Adaptado de Bouroumane [13]	29
Figura 15 – Teorias de aprendizagem e princípios representativos. Adaptado de Wu [14] . . . . .	30
Figura 16 – Representação de um autômato . . . . .	32
Figura 17 – Exemplo de autômato que reconhece a palavra <i>abc</i> . Adaptado de [15] .	33
Figura 18 – Construção do AFD para $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$ Adaptado de [16] .	34
Figura 19 – AFD para $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$ Adaptado de [16] . . . . .	35
Figura 20 – <i>Storyboard</i> de uma fase inicial do jogo . . . . .	47
Figura 21 – Autômato Finito Determinístico para $L = \{aa\}$ . . . . .	50
Figura 22 – Imagem geral das ilhas . . . . .	50
Figura 23 – Objetos do jogo: (a) faca (b) corda (c) embarcação . . . . .	51
Figura 24 – Ilhas do jogo (a) ilha inicial com faca (b) ilha final com embarcação já finalizada . . . . .	52
Figura 25 – Machado sendo carregado pelo náufrago . . . . .	55
Figura 26 – Níveis do jogo: (a) Nível 1 (b) Nível 2 (c) Nível 3 . . . . .	55
Figura 27 – Mecânicas do jogo: (a) Movimentação do náufrago (b) Encaixotando recursos (c) Cortando árvores (d) Arremessando caixas . . . . .	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Função de transição do autômato da Figura 17 . . . . .	33
Tabela 2 – Função de transição do autômato da Figura 19 . . . . .	35
Tabela 3 – Diretrizes para desenvolvimento jogos educacionais . . . . .	43
Tabela 4 – Tabela de transição para o AFD do primeira fase do primeiro nível . .	49
Tabela 5 – Componentes aplicados no jogo <i>CastAway</i> . . . . .	56

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .	13
2.1	Jogos educativos . . . . .	13
2.2	Metodologias de desenvolvimento de jogos . . . . .	14
2.3	Jogos educativos e aprendizado . . . . .	21
2.4	Teorias de aprendizagem . . . . .	27
2.5	Linguagens Formais e Autômatos . . . . .	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	36
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS . . . . .	38
4.1	Diretrizes para Desenvolvimento de Jogos Educacionais . . . . .	39
4.2	Estudo de caso: <i>CastAway</i> . . . . .	46
4.2.1	Descrição sucinta do jogo . . . . .	46
4.2.2	Premissa . . . . .	48
4.2.3	Motivação do jogador . . . . .	48
4.2.4	Classificação etária, público alvo e gênero . . . . .	48
4.2.5	Plataforma e requisitos de <i>hardware</i> . . . . .	48
4.2.6	Licença . . . . .	49
4.2.7	Análise para inovação . . . . .	49
4.2.8	O <i>design</i> da primeira fase . . . . .	49
4.2.9	Criação das próximas fases . . . . .	53
4.2.10	Incorporando as diretrizes de desenvolvimento de jogos educacionais no jogo <i>CastAway</i> . . . . .	53
5	CONCLUSÃO . . . . .	59
	REFERÊNCIAS . . . . .	61
	Trabalhos Publicados pelo Autor . . . . .	69

# 1 INTRODUÇÃO

Em tempos de pandemia do Covid-19 no mundo, o uso da tecnologia como meio de entretenimento aumentou significativamente no Brasil [17] e no mundo [18], desde o uso em redes sociais, aplicativos de trocas de mensagens, plataformas de vídeos online e também o uso de jogos online.

Dados de uma pesquisa feita pelo grupo Nielsen indicam que o uso de jogos online com amigos aumentou em quase 50% [19], aumentando inclusive as vendas de jogos [20], que segundo Coutinho [21], os jogos tem um faturamento maior do que cinema e música juntos.

Em 2012, os dados apresentados por McGonigal [22] já indicavam que os humanos passam mais de três bilhões de horas jogando, sejam jogos de computador ou *videogames*.

Do mesmo modo que o comportamento das pessoas em época de pandemia mudou em relação à diversão, enquanto no tocante aos estudos este comportamento também mudou. Instituições em todos os níveis de ensino têm adotado meios de aulas remotas visando não deixar os alunos sem aula nesta época.

Porém mesmo antes da pandemia, percebe-se que as tecnologias que estão sendo utilizadas atualmente para auxiliar no ensino, ainda não estão totalmente inseridas no âmbito educacional [23]. Segundo Buckingham isto pode ser considerado uma falha, pois a escola e a universidade visam preparar o indivíduo para a sociedade, e conseqüentemente fazer uso da tecnologia no meio educacional.

O aprendizado mais lúdico e tecnológico pode ser observado por meio dos jogos educativos, sejam eles no formato de tabuleiros, jogos de cartas, brincadeiras, entre outros, e também os jogos educativos digitais.

Por volta do ano de 2000, com o uso de jogos para treinamento militar e jogos com propósito de ensinar hábitos alimentares saudáveis e vida saudável os jogos educativos ganharam uma força maior [24].

Um desses exemplos de jogos para treinamento de militares, o jogo *America's Army*, obteve um grande sucesso entre os jogadores, com um orçamento relativamente alto para um jogo deste tipo (33 milhões de dólares), com um número de jogadores que ultrapassa a quantia de 15 milhões no mundo [25].

Grande parte destes jogadores se encontram em idade escolar, seja ensino fundamental, médio ou superior. Esta faixa etária pode ser considerada de nativos digitais segundo Prensky [26], jovens que nasceram em uma sociedade na qual a tecnologia já está completamente presente na sociedade, e estes jovens utilizam os jogos como meio de

diversão.

O uso de jogos no ensino está estritamente ligado a diversão e cognição de jovens e adultos, apresentando melhora em resolução de problemas, concentração, percepção, raciocínio, abstração e planejamento [27].

A *Quest to Learn* [28] é um exemplo de escola situada em Nova York, de ensino fundamental e médio na qual todo o currículo é baseado em jogos. O currículo na *Quest to Learn* não segue padrões tradicionais como Matemática, Ciências e Geografia e sim utiliza cinco domínios interdisciplinares [29], são eles:

- Como as coisas funcionam;
- Ser, Espaços e Lugares;
- Mundos codificados;
- Bem-estar; e
- Esportes para a mente.

O domínio de como as coisas funcionam aborda conteúdos relacionados a ciências e matemática. Em Ser, Espaços e Lugares são estudados os conteúdos relacionados a linguagens e ciências sociais. Mundos codificados trabalha também com matemática e linguagens. O domínio de Bem-estar trabalha conceitos relacionados à saúde e, por fim, em Esportes para a mente tem-se o estudo sobre o *game design*, mídias e artes [29].

Completando os cinco domínios interdisciplinares ainda há um domínio relacionado com a troca de experiências por meio de uma rede social própria, o chamado domínio do Sendo eu mesmo. Estes seis domínios interdisciplinares são construídos visando montar uma base de *game design* e raciocínio lógico [29].

No ensino superior, jogos são utilizados no ensino de conceitos teóricos [30, 31, 32, 33] e a área da Ciência da Computação é uma área na qual a quantidade de jogos utilizados para a aprendizagem de conceitos é superior em relação a outras áreas [30].

Grande parte dos jogos da área da Computação visam ensinar conceitos básicos de programação e raciocínio lógico, tal como Monclar [31] e Martins [34], enquanto outros jogos abordam áreas como Redes de Computadores [35], Engenharia de Software [36] e Estrutura de Dados [37, 38].

A área da Teoria da Computação pode ser considerada uma área com pouco uso de jogos devido à complexidade dos conceitos abordados e a difícil abstração [39].

Na subárea de Linguagens Formais e Autômatos (LFA), os exemplos encontrados são descritos em Silva e Binsfeld [40, 41], Leite [42] e Vieira [39, 43]. Assim, a subárea de

LFA pode ser considerada uma área promissora para o desenvolvimento e uso de jogos voltados para o ensino.

Assim, o uso de jogos na educação deve ser divertido a ponto de proporcionar uma boa experiência de aprendizado, incorporando elementos pedagógicos no seu desenvolvimento e aplicação em sala de aula [44].

Jogos podem ser exclusivos para aprendizado, no entanto, Clua e Bittencourt [45] ressaltam que vários jogos que não são voltados para ensino podem ser utilizados para tal finalidade, tal como o uso do *SimCity 3000* para ensino de urbanização e *Age of Empires* para história antiga.

Para o desenvolvimento de um jogo focado no ensino, metodologias específicas para tal finalidade e elementos pedagógicos devem estar inseridos desde o desenvolvimento do jogo. portanto este trabalho tem como objetivo analisar as metodologias de desenvolvimento de jogos educativos pelo lado pedagógico, relacionando os componentes dos jogos educativos com elementos de aprendizado, propondo assim diretrizes para desenvolvimento de jogos educacionais. Este trabalho também apresenta o estudo de caso de desenvolvimento do jogo educativo *CastAway* para a subárea de LFA, sendo este jogo desenvolvido com auxílio das diretrizes propostas neste trabalho.

Assim, parte deste trabalho apresenta a Fundamentação Teórica no Capítulo 2, que aborda conceitos dos jogos educativos, as metodologias de desenvolvimento de jogos, e de jogos educativos, os componentes dos jogos, e as teorias de aprendizagem relacionadas com os jogos educativos. O Capítulo 3 inclui os materiais e métodos utilizados neste trabalho, enquanto o Capítulo 4 apresenta os resultados do trabalho, e o estudo de caso desenvolvido. E por fim, o Capítulo 5 apresenta a conclusão e os trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta dissertação, aborda o uso dos componentes de jogos como diretrizes de desenvolvimento de jogos educacionais, e também, apresenta um estudo de caso na área de linguagens regulares e autômatos finitos. Assim sendo, os fundamentos teóricos para o desenvolvimento deste trabalho estão divididos nos seguintes tópicos:

- Jogos educativos;
- Metodologias de desenvolvimento de jogos;
- Jogos educativos e aprendizado;
- Teorias de aprendizagem;
- Linguagens formais e autômatos (LFA).

### 2.1 Jogos educativos

Um jogo educativo, também chamado de jogo sério, é descrito como uma atividade pedagógica, informativa e comunicativa com tendência à diversão [46]. Estes jogos sérios podem ser utilizados nas mais diversas áreas, como:

- Computação [30, 35, 31, 36, 41, 42, 40, 39, 43];
- Administrativa e econômica [47, 48, 49];
- Educação alimentar [33, 32]; e
- Treinamentos militares [30, 50].

Os jogos sérios estimulam o desenvolvimento de competências e habilidades, tais como, resolução de problemas, pensamento estratégico, memória, fantasia, interação e adaptação ao conteúdo de aprendizado [51]

A área da Computação concentra uma quantidade grande de jogos educativos [39, 43, 42, 41, 40, 52, 34, 53] e estes jogos podem motivar os alunos [54, 55], uma vez que as taxas de reprovação e evasão em cursos na área da Computação são grandes [56].

Para que um jogo educativo seja considerado uma boa ferramenta de apoio ao ensino, o seu desenvolvimento deve seguir metodologias voltadas para esta finalidade, focando no objeto de aprendizagem do jogo. As próximas seções descrevem exemplos de metodologias de desenvolvimento de jogos e jogos educativos.

## 2.2 Metodologias de desenvolvimento de jogos

Conforme visto na seção 2.1, um jogo educativo é um *software* voltado para a diversão e entretenimento. Tal como um *software* da área contábil, um aplicativo para celular, ou um *software* comercial qualquer, o desenvolvimento do *software* deve seguir uma metodologia definida com o objetivo de guiar o projeto e a estruturação do *software*, e direcionar o trabalho da equipe.

Antes de 1996, os jogos eram desenvolvidos “do zero” sendo criados todos os seus elementos e componentes, no entanto com o lançamento do jogo *Quake*, o uso de programas específicos para desenvolvimento de jogos, também conhecido como *engines*, se tornou mais frequente no desenvolvimento de jogos, sendo assim utilizado os componentes disponibilizados pela própria *engine* [57].

A definição da metodologia de desenvolvimento é de fundamental importância, uma vez que a partir dela os conceitos e elementos do jogo são organizados e estruturados em etapas de desenvolvimento, tal como a comparação feita por Clua [45], no qual o autor relata que do mesmo modo que não são feitos filmes sem roteiros detalhados, os jogos também devem possuir uma documentação bem detalhada.

Kreimeier [58] divide o desenvolvimento de jogos em três etapas, *design*, documentação e prototipação, sendo a experimentação de criar e testar de extrema importância. O autor ainda ressalta a importância do documento de *game design* como sendo o artefato produzido pelos *designers* que mostra ao time de desenvolvimento como o jogo deve ser.

Para que a comunicação dos *designers* e do time de desenvolvimento seja feita de forma completa, os *game designers* devem se preocupar em responder questões como:

- Quais são os documentos equivalentes a um *script* ou *storyboard* na pré-produção de um jogo?
- Até que ponto os métodos de produção de filmes são aplicáveis na criação de jogos?
- Como estes métodos de produção de filmes podem ser adaptados à criação de jogos interativos?

Visando responder questões como as citadas acima, Costikyan [59] foi um dos primeiros a formalizar o *game design*, com o objetivo de identificar os elementos que tornam um jogo bom ou ruim, além de utilizar uma linguagem padrão entre os *designers*.

O FADT (*Formal abstract design tools*) de Church [60] e o GDP (*Game Design Patterns*) de Björk [61] tentaram abordar características em comum entre os jogos, propondo descrições precisas e sem ambiguidade que poderiam ser aplicáveis em diversas situações, no entanto estas tentativas de padronização não teriam aplicações no mundo real.

Järvinen [62] se baseou na orientação a objetos para definir os conceitos do jogo. O autor disponibilizou exemplos de *game concepts* de jogos clássicos para consulta, visando auxiliar a definição e a documentação das características do jogo durante o seu desenvolvimento.

Essas características dos jogos podem ser chamadas de elementos do *game design* ou componentes do jogo e estes componentes se caracterizam como fundamentais nas etapas de desenvolvimento do jogo [63].

Em Melonio [63], o autor ainda apresenta as três etapas de desenvolvimento como ideação, conceituação e prototipação, sendo que a ideação foca em definir o objetivo e o conceito do jogo. A conceituação delimita o caminho do jogador no jogo, definindo mecânicas, regras do jogo, estética, interface, interações do jogador, *feedback* e história/narrativa do jogo. E por fim a prototipação para a criação de um protótipo do jogo a partir das descrições das etapas anteriores.

As características de um jogo também foram categorizadas em um BMC (*Business Model Canvas*) específico para jogos, o GMC (*Gamification Model Canvas*) proposto por Jiménez [1] que ressalta estas características principais dos jogos, visando organizar e gerenciar o desenvolvimento de um jogo digital.

O GMC de Jiménez apresenta nove conceitos a serem tratados no *canvas*, tais como: plataforma do jogo, mecânicas, componentes, dinâmicas, estética, comportamentos, jogadores, além de custos e receitas, e seu modelo pode ser visto na Figura 1.

Iteração: \_\_\_\_\_

GAMIFICATION MODEL CANVAS

Nome do projeto: \_\_\_\_\_ Projeto para: \_\_\_\_\_ Projetado por: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

<p><b>PLATAFORMA</b></p> <p>Descrever as plataformas que serão implementadas as mecânicas do jogo</p> <p>Qual a plataforma disponível para incorporar as mecânicas?</p> <p>Qual a plataforma pode ser usada para trazer as mecânicas aos jogadores?</p> <p>Em qual plataforma o jogo vai rodar?</p>	<p><b>MECÂNICA</b></p> <p>Descrever as regras do jogo com os componentes para criação da dinâmica do jogo</p> <p>Como vamos usar os componentes selecionados para desenvolver comportamentos?</p> <p>Como vamos explorar as mecânicas para os nossos jogadores?</p> <p>Como vamos incrementar o nível de dificuldade ao longo do tempo?</p>	<p><b>DINÂMICA</b></p> <p>Descrever o comportamento em tempo de execução das mecânicas atuando no jogador com o passar do tempo</p> <p>Quais dinâmicas serão usadas para criar a estética do jogo?</p> <p>Quais dinâmicas trabalham melhor com nossos jogadores?</p> <p>Como essas dinâmicas funcionarão no nosso jogo?</p>	<p><b>ESTÉTICA</b></p> <p>Descrever as respostas emocionais que deseja invocar no jogador, quando ele interage com o jogo</p> <p>Quais elementos vão chamar a atenção do jogador?</p> <p>Porque eles devem jogar?</p> <p>Como os jogadores se divertem?</p>	<p><b>JOGADORES</b></p> <p>Descrever quem são e como são as pessoas com quem queremos desenvolver comportamentos</p> <p>Quem são nossos jogadores? O que nossos jogadores gostam? O que nossos jogadores querem?</p>
<p><b>COMPONENTES</b></p> <p>Descrever os elementos ou características do jogo para criar mecânicas ou para dar feedback ao jogador</p> <p>Quais componentes vamos usar para criar dinâmicas?</p> <p>Quais componentes vamos usar para criar as mecânicas do jogo?</p> <p>Quais componentes serão usados para prover feedback?</p>		<p><b>COMPORTAMENTO</b></p> <p>Descrever os comportamentos ou ações necessárias para desenvolver nos nossos jogadores, visando ter retorno neste projeto</p> <p>Quais comportamentos precisamos para aumentar os desafios do jogo?</p> <p>Quais comportamentos nossos jogadores querem melhorar?</p> <p>Quais comportamentos podem ser melhorados?</p>		<p><b>SIMPLICIDADE</b></p> <p>Descrever os problemas e obstáculos que os jogadores tem que enfrentar para mudar seus comportamentos</p> <p>Quais elementos agem como barreiras para a mudança de comportamento?</p>
<p><b>CUSTOS</b></p> <p>Descrever os custos principais ou investimentos para o desenvolvimento do jogo</p> <p>Quais são os custos principais do jogo?</p> <p>Qual o orçamento disponível para atingir os nossos objetivos?</p> <p>Podemos exceder o orçamento com o passar do tempo, ao atingir nossos objetivos?</p>			<p><b>RECEITAS</b></p> <p>Descrever o retorno econômico e social da solução, com a introdução da gamificação</p> <p>Quais os desafios econômicos e sociais nosso jogo enfrenta?</p> <p>Como vamos medir o sucesso do jogo?</p> <p>Quais os resultados esperamos atingir com o jogo?</p>	

Figura 1 – *Gamification Model Canvas* adaptado de Jiménez [1]

De modo similar, Carey [2] propôs um modelo de *canvas* sequencial dividido em treze etapas, tal como mostra a Figura 2.

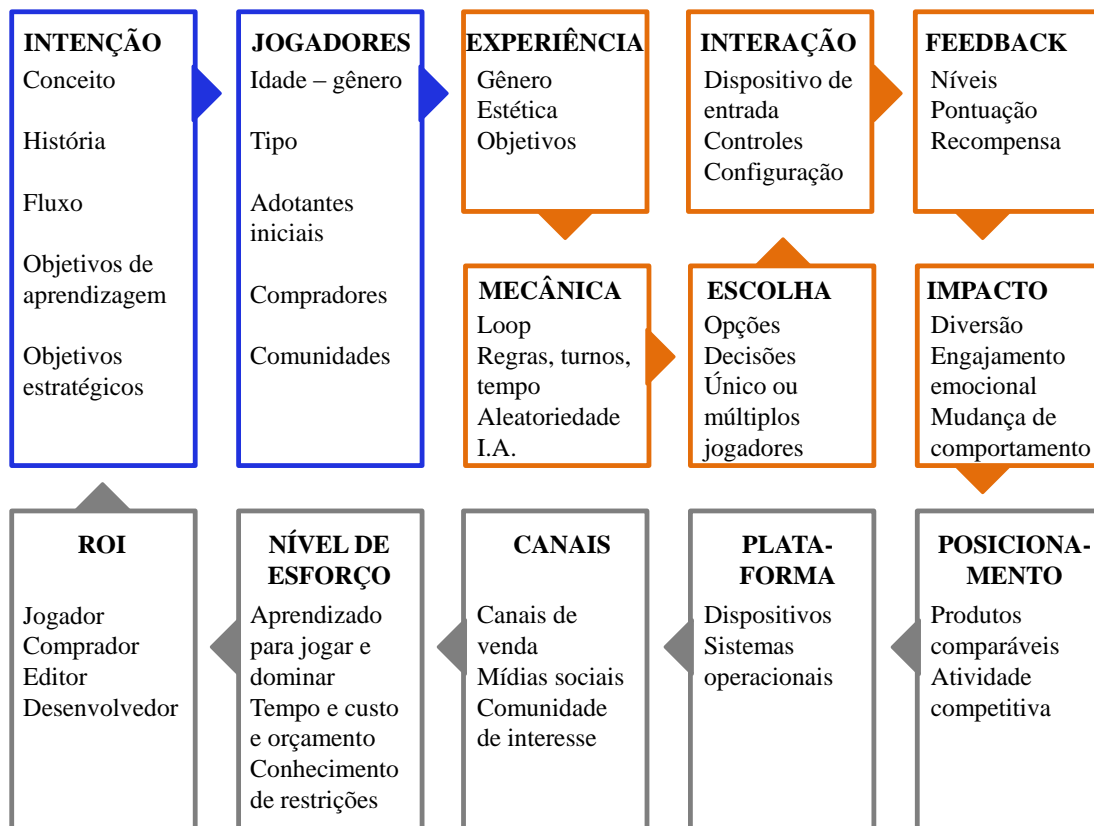


Figura 2 – *Game Design Canvas* de Carey [2]

Em ambas as Figuras 1 e 2, pode-se perceber a importância da mecânica, dinâmica e estética dentro do jogo, além de elementos como plataforma, jogadores, componentes, experiência do jogador e objetivo do jogo.

No modelo de Carey, as etapas em azul representam as configurações iniciais do projeto, visando delimitar a intenção do seu jogo e definir quem são os jogadores. As etapas em laranja representam o *game design* e a descrição das mecânicas, interações, entradas e feedback que criam as experiências do jogo. E por fim, as etapas em cinza representam as considerações que impactam o *design* e o desenvolvimento do jogo [2].

O modelo de Carvalho [3] e o modelo de Star [4] também avaliam a proposta de desenvolvimento de um *canvas* visando auxiliar o projeto de um jogo, e ambos os modelos podem ser vistos nas Figuras 3 e 4. Os modelos ressaltam a definição de conceitos básicos no desenvolvimento de um jogo, como as experiências que o jogo irá trazer, os resultados que o jogo busca atingir, os personagens presentes no jogo, a plataforma na qual o jogo é executado, as interfaces do jogo, entre outras características.

Sarinho [5] apresenta um modelo de *canvas* levando em consideração elementos

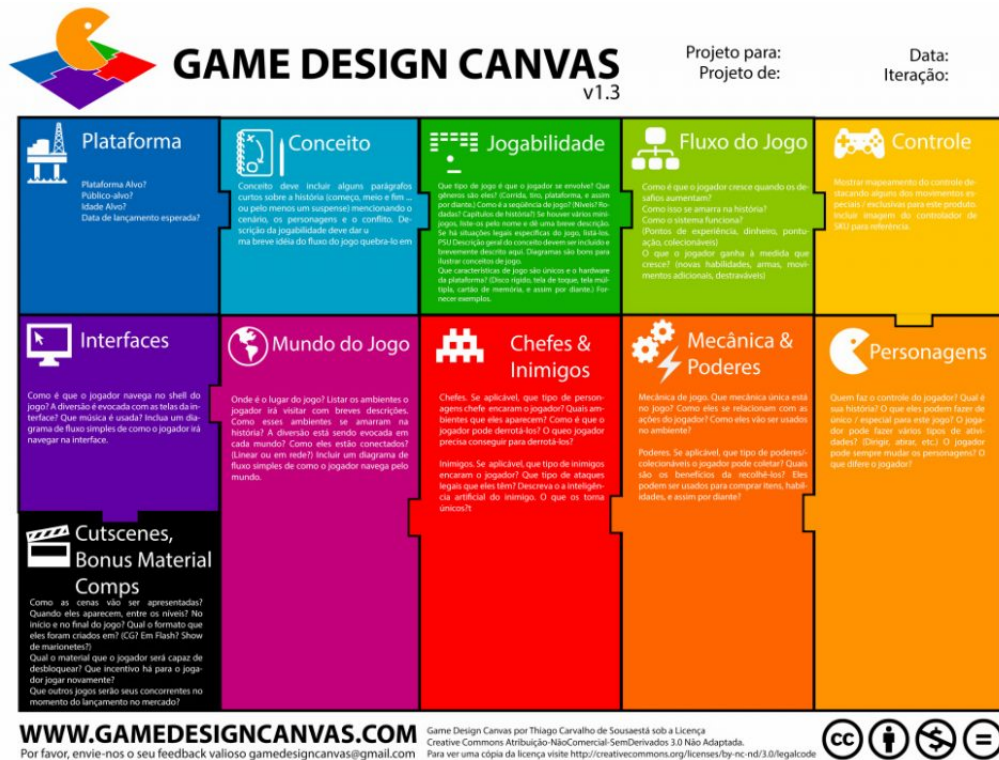


Figura 3 – *Game Design Canvas* de Carvalho [3]

em comum que aparecem nos trabalhos de Star, Carey, Carvalho e Jiménez, e seu modelo pode ser visto na Figura 5. Em seu trabalho, Sarinho apresenta ainda uma descrição do projeto de um jogo, abordando os oito conceitos presentes em seu *canvas*.

Além dos modelos de *design canvas*, o desenvolvimento de jogos também utiliza de conceitos de outras áreas da computação para projetar o design do jogo, tal como o trabalho de Sicart [64] que propõe o uso da UML (*Unified Modeling Language*) para definição do projeto do *design*. O trabalho de Demarchy [65] também apresenta o uso de UML para descrever os elementos do jogo e a jogabilidade, em conjunto com técnicas de *Extreme Programming* no desenvolvimento do jogo.

Classe [66] por sua vez, apresenta um método para sistematizar o *design* de jogos com base em processos de negócios, dividindo o projeto em três ciclos, nos quais são delimitados a visão preliminar do jogo no primeiro ciclo, no segundo os elementos dos jogos digitais são mapeados para elementos de modelos de processos de negócios, e por fim no terceiro ciclo, a avaliação do método de *design* do jogo é feita, tomando como base o modelo de processos de negócios.

Além das metodologias e modelos descritos acima, um modelo que é amplamente utilizado e referenciado é o modelo MDA (*Mechanics, dynamics, Aesthetics* - Mecânicas, dinâmicas, estética) [6]. As mecânicas representam as descrições dos componentes específicos dos jogos, as dinâmicas descrevem o comportamento da mecânica quando o jogador

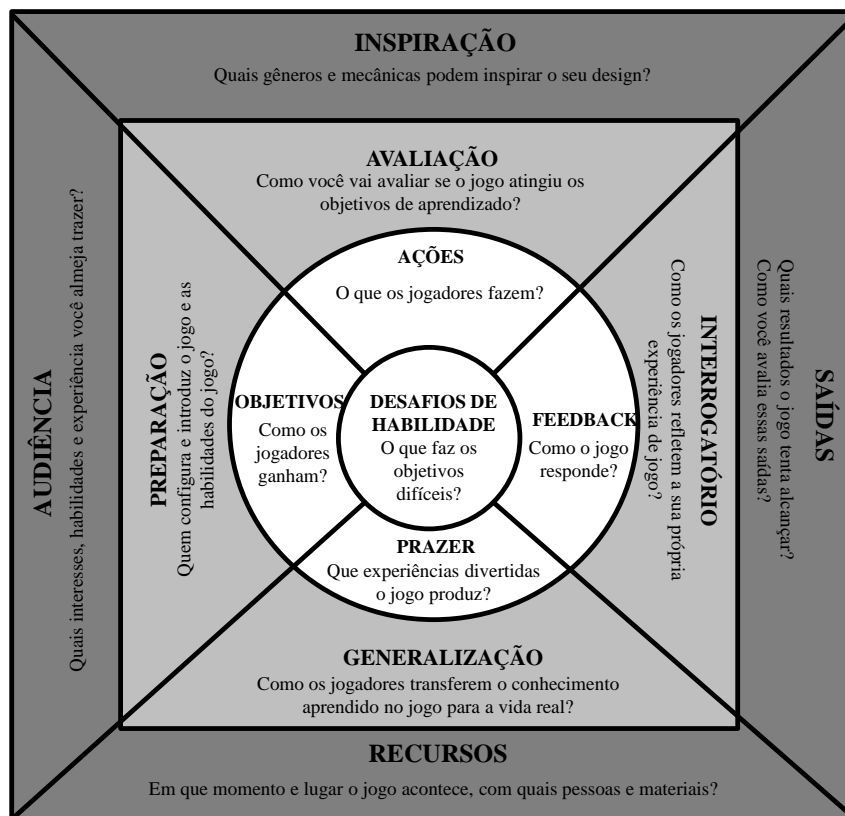


Figura 4 – *Game Design Canvas* adaptado de Star [4]

realiza uma ação no jogo, e a estética representa as respostas emocionais que espera-se provocar no jogador enquanto ele joga.

No trabalho de Huinicke [6], o autor ressalta a diferença de jogos com filmes ou livros, sendo que os resultados gerados das experiências com os jogos são imprevisíveis e desconhecidos. Assim, visando contornar a imprevisibilidade, Huinicke propõe o *design* do jogo analisando a mecânica, dinâmica e estética, enquanto que o jogador ao jogar está consumindo o jogo na ordem contrária, estética, dinâmica e mecânicas. Esta representação pode ser vista na Figura 6.

O modelo ainda representa o consumo do jogo como uma sequência baseada nas regras do jogo, em sequência, no sistema como um todo, e por fim, na diversão do jogador.

Sobre a estética, Huinicke descreve ainda que os elementos que fazem um jogo divertido podem ser caracterizados como:

- A sensação prazerosa de jogar;
- os desafios presentes no jogo;
- uma narrativa que conta uma história sobre o jogo;



Figura 5 – *Game Design Canvas* adaptado de Sarinho [5]

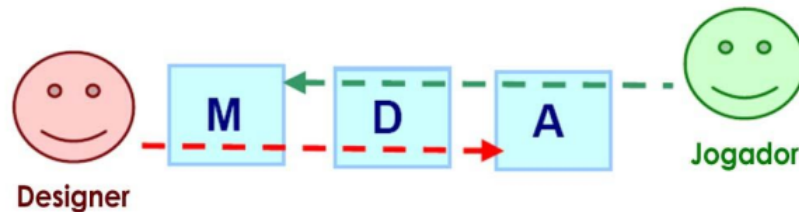


Figura 6 – Perspectivas do jogador e do *designer* no modelo MDA [6]

- um mundo de fantasia;
- um contexto social de companheirismo;
- um mundo de descobertas em um território inexplorado;
- uma expressão de autodescoberta; e
- o jogo como um passatempo.

O autor descreve ainda que um jogo não precisa ter todos estes elementos, porém de acordo com a história do jogo, estes elementos são combinados visando atingir as

emoções desejadas nos jogadores.

Já na dinâmica do jogo, Huinicke descreve que criar estas emoções acima descritas no jogo podem levar a elementos estimulantes para o jogador, como por exemplo, o contexto de companheirismo pode ser criado atribuindo uma tarefa ao jogador na qual não é possível resolver sozinho, necessitando de ajuda de outros jogadores em uma tarefa colaborativa. Já a ideia de desafios, pode-se utilizar de pressão do tempo, como uma bomba relógio que explodirá em 5 minutos se não estiver desarmada.

Por fim, a partir das dinâmicas do jogo, a mecânica incluirá o comportamento e mecanismos do jogador no jogo, em conjunto com os níveis e com os elementos presentes no jogo, oferecendo a dinâmica de jogabilidade com as possibilidades de ações durante o jogo.

Zaffari [7] propôs um mapeamento entre o modelo MDA, a Teoria do Fluxo de Csikszentmihaly [67] e sobre as habilidades do jogador de Järvinen [62].

No modelo de Zaffari [7], os elementos que trazem a diversão na teoria do fluxo são ressaltados, e enfatiza também que ao estudar as habilidades do jogador de Järvinen e associar as habilidades com os o que os jogos oferecem, a possibilidade de criar experiências prazerosas por meio dos jogos é maior. Em Järvinen [62] o autor ainda categoriza as habilidades do jogador em não aplicáveis, triviais e não triviais.

Assim, Zaffari apresenta o mapeamento entre o MDA, a Teoria do Fluxo e as habilidades do jogador conforme pode ser visto na Figura 7 abaixo.

Zaffari explica que quando o jogador começa a jogar e se divertir, ele está no ponto A1, e com o passar do tempo, o jogo pode proporcionar duas possibilidades diferentes. Quando o jogo não apresenta desafios de acordo com as habilidades do jogador, o jogador se torna entediado (A1 -> A2), sendo que a ideia é que o jogo apresente desafios com uma complexidade maior, utilizando de mecânicas mais complexas para incitar um desafio no jogador para que este retorne ao estado de fluxo (A2 -> A4).

A segunda possibilidade é quando o jogador é desafiado em um nível de complexidade que a habilidade do jogador não é condizente com a complexidade do desafio. Neste momento o jogador pode entrar em um estado de ansiedade por não conseguir resolver os desafios propostos pelo jogo (A1 -> A3). O autor explica que com o passar do tempo o jogador evoluirá suas habilidades do jogo, e voltará ao estado de fluxo (A3 -> A4).

As metodologias e modelos descritos nesta seção visam auxiliar o desenvolvimento de jogos, no entanto, quando trata-se de jogos educativos, as metodologias podem diferir em algumas características, visando o aprendizado junto com a diversão. Algumas destas metodologias podem ser vistas na próxima seção.

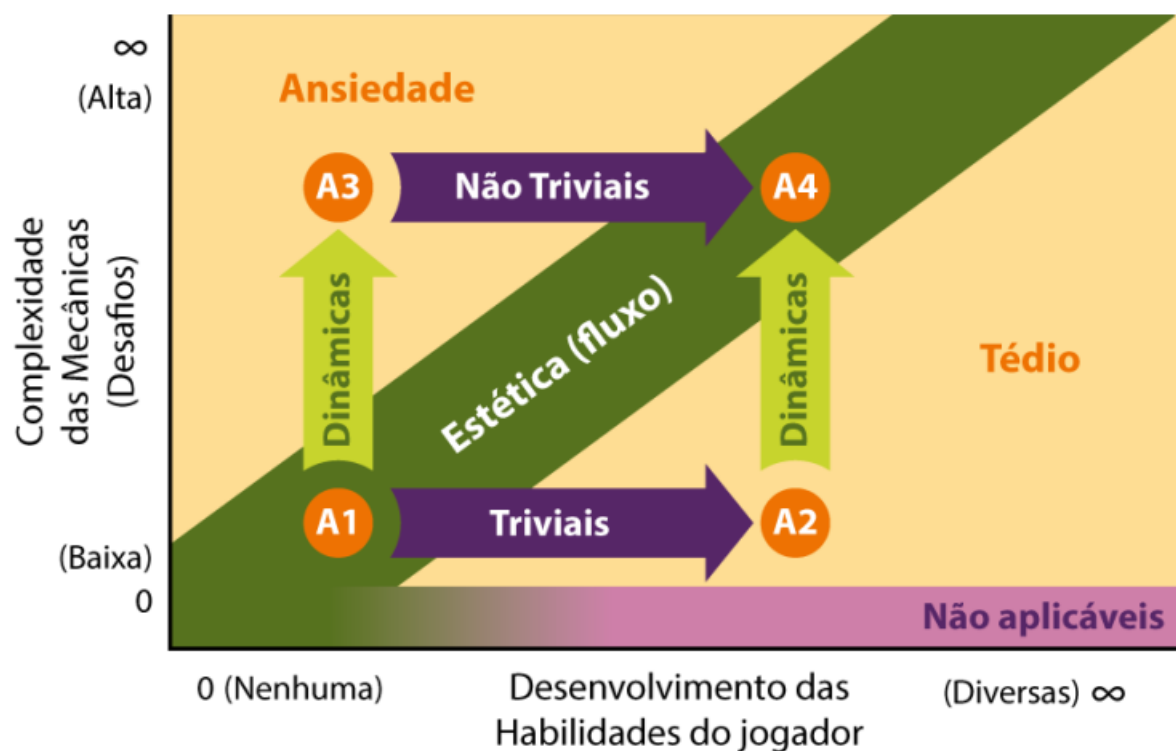


Figura 7 – Mapeamento do modelo MDA e as habilidades do jogador no gráfico da teoria do fluxo [7]

### 2.3 Jogos educativos e aprendizado

O desenvolvimento de jogos educativos deve além de focar na diversão do jogador, também deve analisar os objetivos de aprendizagem, visando combinar os objetivos de forma a uma melhor compreensão do jogador. Alevén [68] propõe um *framework* para o *design* de jogos educacionais visando combinar as características do MDA, dos objetivos de aprendizado, e dos princípios do *design* instrucional.

No trabalho, Alevén ressalta que a importância da definição dos objetivos de aprendizado ajuda no desenvolvimento do jogo. Assim a definição dos objetivos do aprendizado visa delimitar o conhecimento que o jogador precisa ter antes de jogar, o conhecimento que o jogador espera adquirir, e o conhecimento extra que o jogador pode conseguir além dos explícitos no jogo.

Com relação ao MDA, Alevén enfatiza que os componentes de mecânica, dinâmica e estética visam uma melhor definição do que será o jogo, auxiliando também no desenvolvimento por parte dos desenvolvedores. Os princípios de *design* instrucional são baseados em outros tipos de ambientes de aprendizagem e podem auxiliar no desenvolvimento de jogos educativos.

A ideia de Alevén então, une os três componentes com o objetivo de facilitar o *design* dos jogos, incluindo e delimitando os objetivos de aprendizagem, incorporando o

MDA como auxílio no projeto do jogo, e utilizando de princípios instrucionais de *design* para que o jogo auxilie de forma efetiva no aprendizado.

O autor ainda apresenta as características do *framework* proposto se baseando em um jogo sobre a operação de divisão na matemática, para alunos de 7-8 anos, o *Zombie Division*.

Diferente de Alevén, Melero [8] propõe o uso de um modelo para desenvolvimento de jogos de tabuleiro (*puzzle*), com enfoque nos professores que desejam criar os seus próprios jogos para auxiliar em suas disciplinas.

No trabalho, Melero destaca que um jogo de tabuleiro tem regras fechadas e mecânicas simples, consistindo em um fluxo contendo o objetivo do jogo, uma história dividida em vários níveis, e com possíveis graus de dificuldade diferentes. A relação entre as interações do jogador, o fluxo de aprendizado, o papel dos jogadores, e o contexto do jogo pode ser visto na Figura 8.

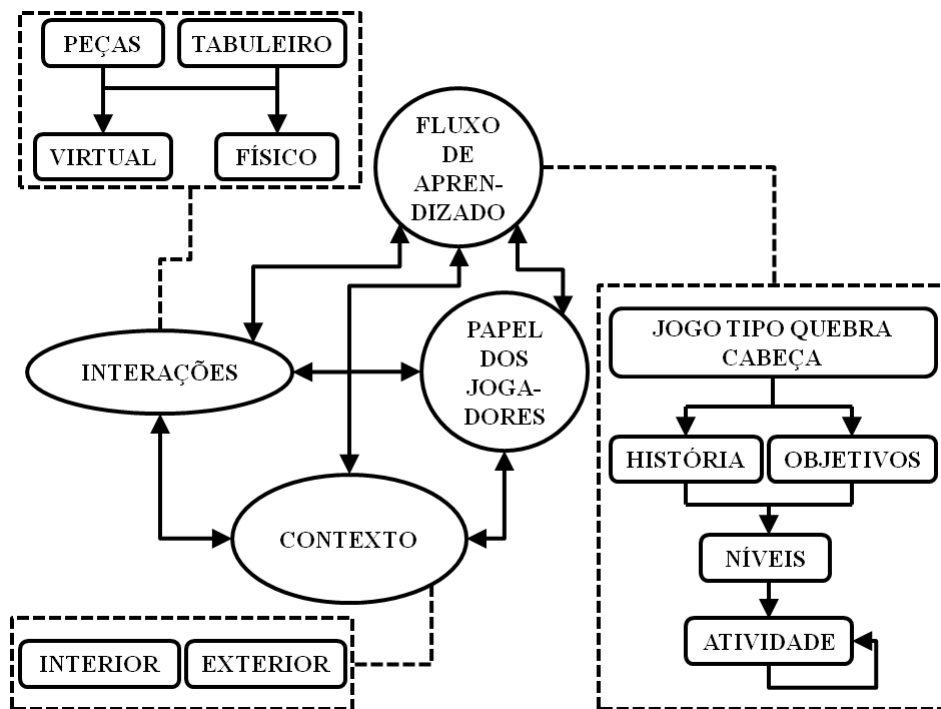


Figura 8 – Adaptação dos componentes do modelo de Melero [8] e suas interações

Alcover [9] em seu trabalho apresenta uma metodologia de criação de jogos para crianças de 7 a 10 anos, utilizando conceitos das metodologias ágeis de desenvolvimento de *software*. O *PROGame* divide o desenvolvimento do jogo em duas dimensões, sendo a primeira composta de uma descrição das principais características do jogo, um mecanismo de interação que realiza o planejamento e controle do projeto, modelagem, construção e avaliação. Ainda na primeira dimensão, as etapas de projeto dos elementos de interação do jogo, e do jogo como um todo complementam esta dimensão.

A segunda dimensão de Alcover, compreende também as etapas de mecanismo de interação, projeto dos elementos de interação do jogo, e do jogo como um todo, no entanto, esta dimensão visa tomar como base um estudo clínico realizado com jogadores visando aprimorar os componentes do jogo com base no estudo.

O modelo PROGame pode ser visto na Figura 9, que mostra o fluxo da primeira dimensão, e os três componentes principais como um ciclo de incremento dos mesmos componentes.

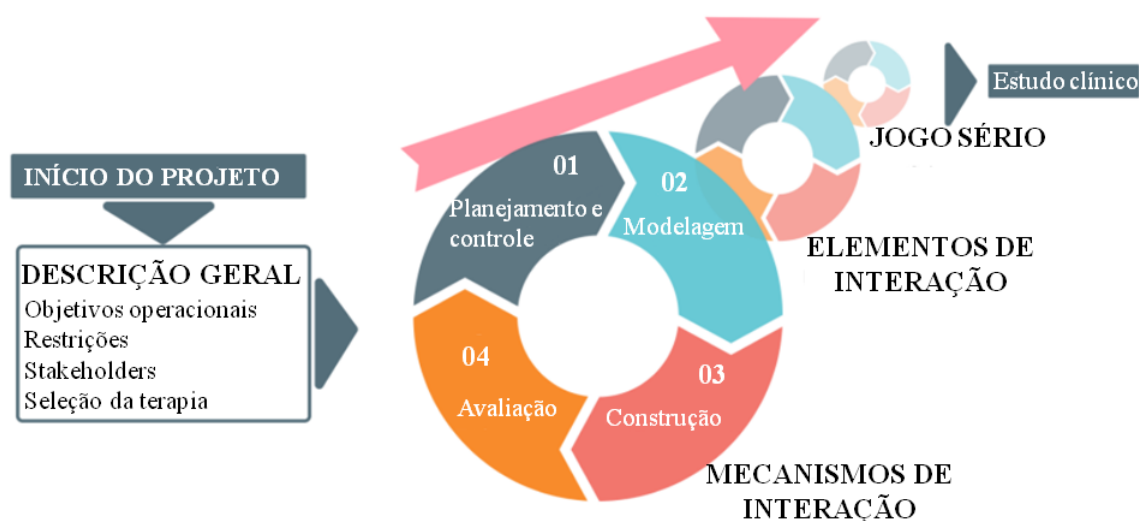


Figura 9 – Fluxo do processo de desenvolvimento de jogos sérios. Adaptado de Alcover [9]

Rocha [10] descreve um modelo para criação de jogos sérios para simulações, visando o ensino de padrões e treinamentos com especialistas nas mais diversas áreas. O modelo é dividido nas etapas de pré-produção, produção e pós-produção, tal como mostra a Figura 10.

A etapa de pré-produção envolve o planejamento inicial do jogo e as características do jogo de simulação. Na etapa de produção, as fases são subdivididas em análise, projeto, implementação e integração e testes, visando definir requisitos do jogo, requisitos da simulação, realizar o projeto do *design* do jogo, do ambiente de simulação, realizar a programação do jogo, integrar e testar os componentes do jogo. Por fim, a pós-produção representa a execução da simulação em si, a avaliação dos jogadores que participaram da simulação, e a avaliação do modelo de desenvolvimento.

Pereira [69] realizou um mapeamento da literatura sobre desenvolvimento de jogos sérios que gerou como resultado a indicação de 19 trabalhos, sendo que destes 19, 8 descrevem boas práticas de desenvolvimento de acordo com a literatura citada, 6 apontam boas práticas com base em experimentos e/ou estudos de caso, 2 trabalhos propuseram boas práticas, e 3 trabalhos aplicaram boas práticas no desenvolvimento de um jogo.

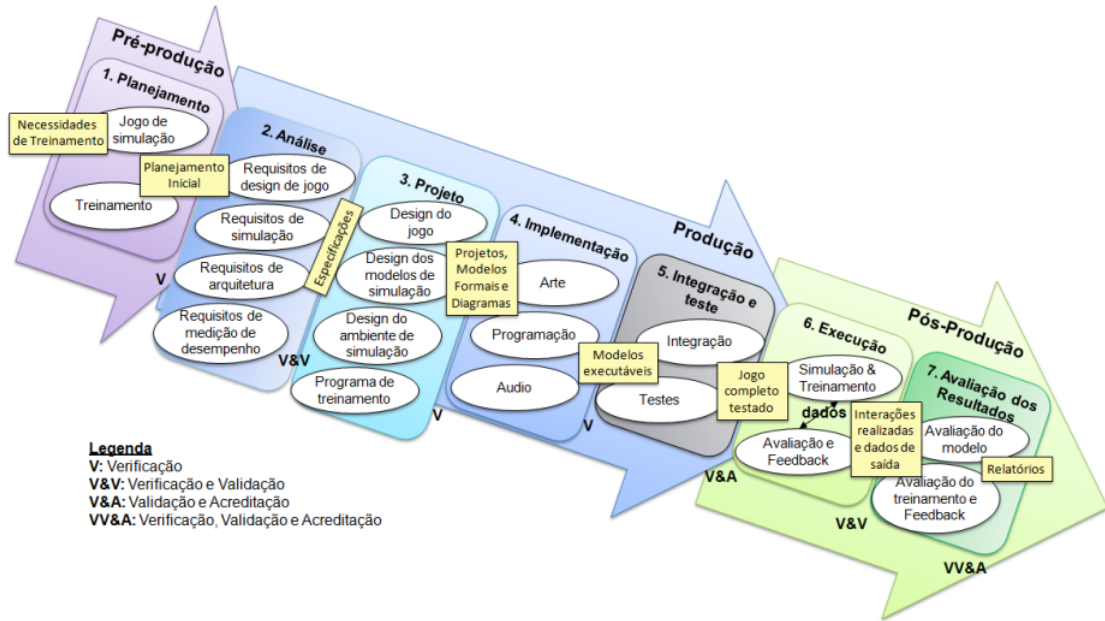


Figura 10 – Processos da metodologia de desenvolvimento de jogos sérios de simulação de Rocha [10]

Com os trabalhos selecionados no mapeamento sistemático, Pereira definiu 53 boas práticas para o desenvolvimento, nas quais destacam-se:

- regras e objetivos claros, desde o início do jogo;
- prover feedback ao usuário;
- informações visíveis sobre o progresso do jogador;
- fazer uso do game-level, partindo do mais simples ao mais complexo;
- correspondência entre os objetivos do jogo e os objetivos de aprendizagem;
- recompensas;
- prover diferentes modelos de linguagem comunicativa (geralmente verbal ou visual);
- contexto do jogo de fácil compreensão - StoryLine, personagens, cenário, avatar, etc.;
- variedade nos desafios apresentados para evitar que o jogo se torne enfadonho, investindo também na diversão;
- prover imersão através de áudios e imagens realistas de alta qualidade;
- interatividade no jogo - Promover o aprendizado colaborativo;
- instruções de uso devem ser fornecidas, um tutorial por exemplo;

- tempo limite para as tarefas;
- cores específicas para cada nível;
- desafios de acordo com a idade dos usuários; e
- fluxo natural entre o aprendizado e a diversão.

O desenvolvimento destes jogos, além de se basear em boas práticas, devem seguir metodologias próprias e objetivos voltados para a aprendizagem, porém mesmos jogos desenvolvidos por empresas especializadas em games, a questão pedagógica ainda é uma falha destes jogos [70].

Para que o desenvolvimento dos jogos educativos tenha um impacto no aprendizado deve-se extrair dos jogos convencionais as características que fazem com que o jogadores passem horas e horas jogando, ou seja, buscar os elementos motivacionais de um jogo, e utilizar estes elementos em um jogo educativo [71].

O aprendizado com jogos digitais segue quatro bases teóricas segundo Cox [72], o construtivismo, no qual a aprendizagem ocorre a partir de construções individuais, obtidas junto com o ambiente e cultura do jogo. A segunda base é o construcionismo, que indica que o interesse pessoal do aluno faz com que este tenha autonomia e iniciativa e consequentemente a aprendizagem. O Behaviorismo por sua vez destaca que a aprendizagem acontece por tentativa e erro, e por fim a base da aprendizagem significativa destaca que o jogador faz associação dos conhecimentos existentes com os apresentados no jogo, ampliando assim o seu conhecimento.

Cox [72] ainda apresenta diretrizes que os jogos educativos devem ter visando o bom aprendizado, como por exemplo o jogo deve ter um objetivo de aprendizado bem definido, deve oferecer desafios e ao mesmo tempo recompensas aos desafios propostos, elementos como imersão, interação social, colaboração social são fatores que favorecem o aprendizado, e além destas, o jogo deve ter um equilíbrio entre entretenimento e diversão.

Para Lim [11], o desenvolvimento de um jogo focado no aprendizado deve levar em conta: o padrão pedagógico de aprendizado, ou a característica do que se quer aprender, o padrão do *game design*, e a mecânica do jogo sério, tal como mostra a Figura 11.

O autor apresenta em seu trabalho o modelo de Aprendizado com Mecânica de jogos (LM-GM), como mostra a Figura 12. No modelo, o autor faz a relação entre diferentes abordagens pedagógicas e mecânicas de jogos que se relacionam com estas abordagens.

Além do modelo de Aprendizado com Mecânica de Jogos, Lim [11] propõe ainda uma categorização das mecânicas dos jogos, associado com a Taxonomia de Bloom e os objetivos educacionais, associando para cada mecânica, um objetivo educacional, e uma mecânica de aprendizado para o jogo.

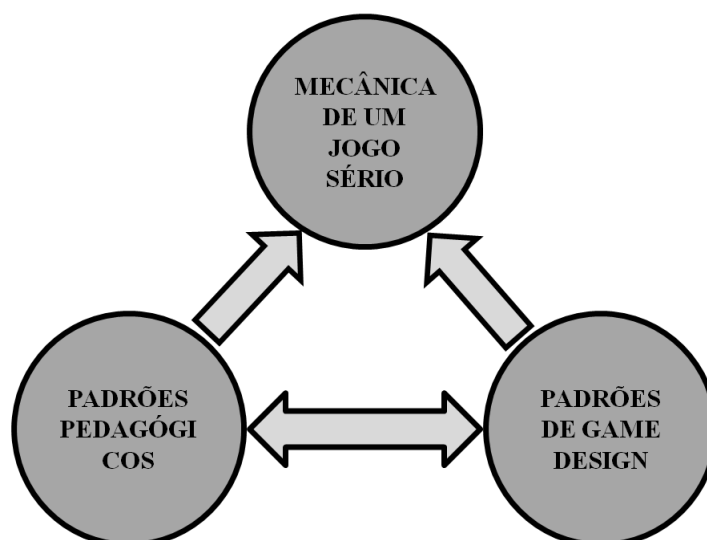


Figura 11 – Relacionamento entre mecânicas de jogos sérios, questões pedagógicas, e padrões de *design*. Adaptado de Lim [11]

Paraskeva [12] ressalta ainda, que mesmo um jogo educativo desenvolvido com princípios pedagógicos, não deve dar a liberdade para o aluno jogar indefinidamente, e sim que o jogo aconteça em seções tal como o andamento de uma aula. O autor afirma que o uso de seções pode aumentar o suspense, e a curiosidade do jogador para as próximas aulas/jogos.

O autor analisa ainda o uso das teorias pedagógicas em jogos, enfatizando que o *behaviorismo*, cognitivismo, construcionismo e abordagens sócio-cultural trabalham a ideia do uso de jogos no ensino de formas diferentes. Porém o autor questiona como uma abordagem teórica pode explicar as interações que ocorrem durante o jogo ao mesmo tempo que considera o aspecto sócio-cultural.

Para responder tal pergunta, Paraskeva utiliza-se da teoria da atividade para jogos educativos *multiplayer*, considerando ainda as particularidades de cada indivíduo. A representação de Paraskeva pode ser vista na Figura 13.

Deste modo, o sucesso de um jogo educacional, segundo Guillén-Nieto [73] depende dos seguinte itens:

- conteúdo educacional;
- dimensão do jogo;
- ciclo de jogo;
- informação do conteúdo do jogo;
- valor educacional do jogo;

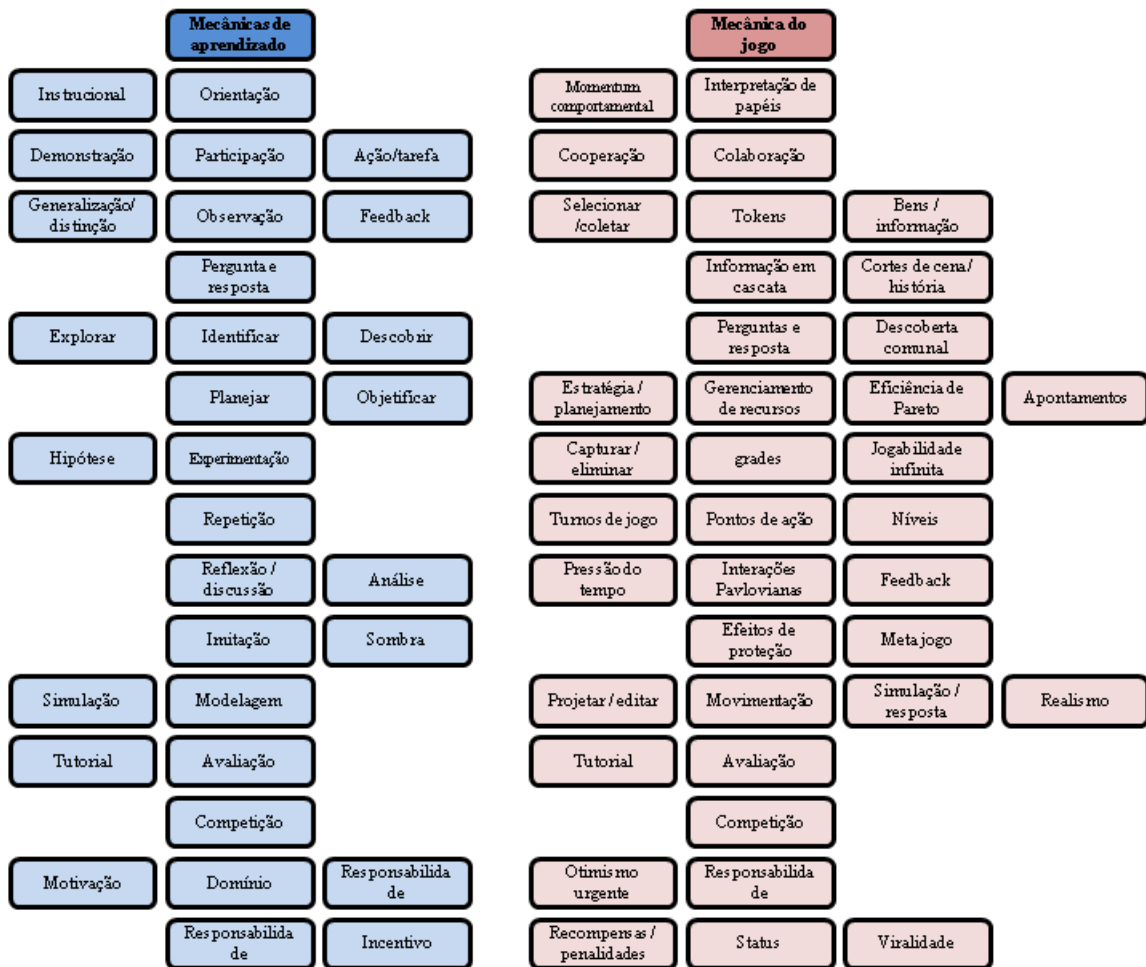


Figura 12 – Modelo de Aprendizagem com Mecânica de Jogos. Adaptado de Lim [11]

- transferência de conhecimento; e
- motivação intrínseca.

Bouroumane [13] ressalta ainda o papel do professor no uso dos jogos educativos, que este deve ter uma comunicação coerente e fluída com o aluno, e com o jogo, sendo o professor capaz de usar (*use*) o jogo como ferramenta pedagógica, orientar (*orient*) os alunos no seu uso, e se adaptar (*adapt*) à medida que o jogador joga (*play*) o jogo e modela (*modeling*) os aspectos pedagógicos do aprendizado, tal como mostra a Figura 14.

A próxima seção descreve as teorias de aprendizagem aplicadas em jogos educativos.

## 2.4 Teorias de aprendizagem

Teorias de aprendizagem são destacadas em trabalhos enfatizando o lado pedagógico dos jogos educativos [72, 11, 12, 13, 7, 74, 14]. Wu [14] por exemplo, destaca o uso

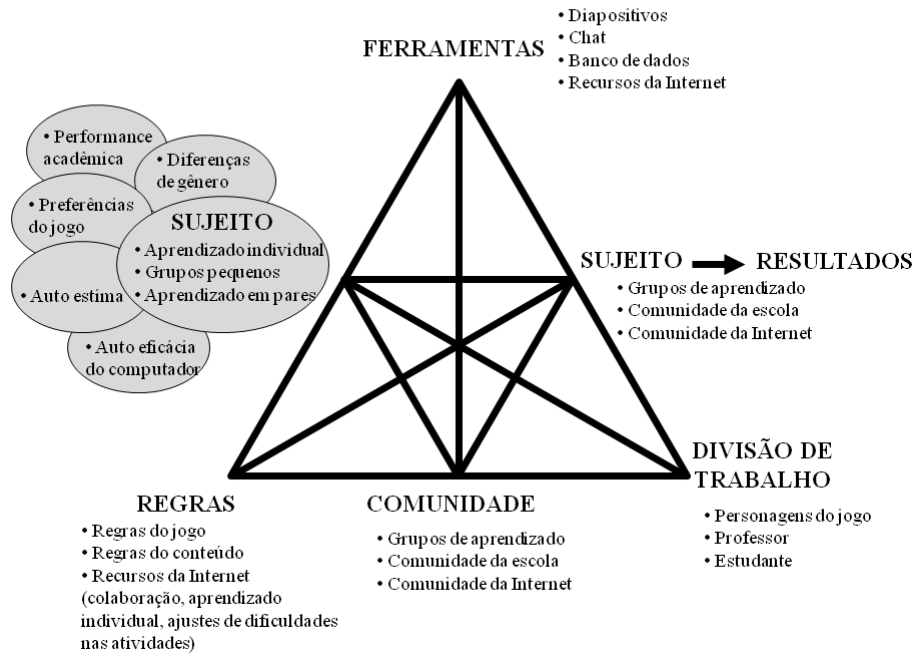


Figura 13 – Teoria da atividade para jogos educativos *multiplayer* focado nas características do aprendiz. Adaptado de Paraskewa [12]

das teorias do *behaviorismo*, cognitivismo, humanismo e construtivismo, e associa a cada teoria os princípios que representam as teorias, tal como mostra a Figura 15.

Por outro lado, Cox [72] foca nas teorias de construtivismo, construcionismo, *behaviorismo* e aprendizagem significativa. Nesta seção estão descritas as teorias apresentadas em Cox, e seus conceitos principais.

O construcionismo, teoria de Seymour Papert aborda a construção do conhecimento de forma ao uso de meios que estimulem esta construção. Papert é um dos adeptos do uso do computador em sala de aula como forma de mediação entre os alunos e funcionando como uma *máquina do conhecimento*, na qual uma criança pode conseguir a resposta sem a interferência de um adulto [75].

A escola para Papert deve tratar os alunos de forma individual, sendo o professor um mediador para o aluno interagir com o conhecimento. Estas escolas construtivistas devem contar com uma quantidade menor de alunos, e sem avaliações, uma vez que o professor já acompanha o desenvolvimento do aluno de forma mais próxima [76].

Ainda sobre a construção do conhecimento, Papert destaca que os três estágios de desenvolvimento de uma criança, sendo que o primeiro a criança descobre o mundo por meio dos sentidos, tocando, ouvindo, e sendo curiosa em forma de brincadeiras. No segundo estágio, a partir do momento que a criança começa a ir para a escola, e passa a ser um espectador que assiste o professor repassar o conhecimento. E por fim, o terceiro

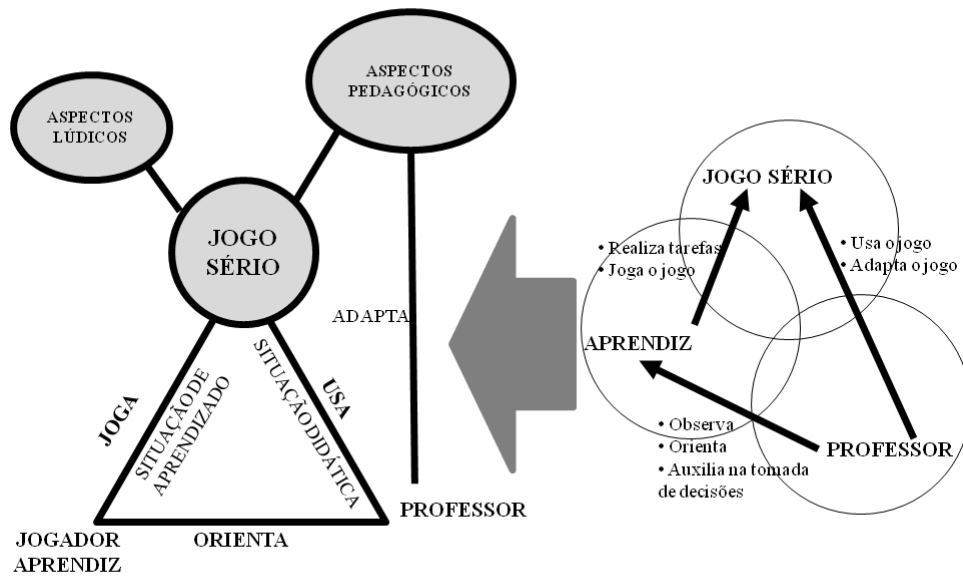


Figura 14 – Relações entre jogo, jogador e professor. Adaptado de Bouroumane [13]

estágio na qual o professor usa-se da tecnologia como forma de mediar a passagem do conhecimento [77].

Já o construtivismo, termo criado por Jean Piaget parte da ideia que para a construção do conhecimento ocorrer é necessário uma interação entre sujeito e objeto, e com isto dois conceitos importantes para Piaget são o de assimilação e acomodação. Assimilação refere-se ao fato quando o indivíduo é apresentado à um novo conhecimento, e o indivíduo tenta organizar suas estruturas mentais de modo à incorporar nas estruturas já existentes. A acomodação ocorre quando ao tentar a assimilação, a nova experiência resiste devido aos conhecimentos contrários do sujeito já existentes [78].

Piaget descreve em suas teorias que o aprendizado humano vem de situações compatíveis com o nível de desenvolvimento do aprendiz, além de ações e práticas pedagógicas, funcionando o jogo tal como uma assimilação para o real aprendizado [79, 80].

Piaget destaca o aprendizado por meio de assimilações, na qual o aprendizado ocorre através de experiências e exercícios, e que o aprendizado é influenciado pelas interações sociais do indivíduo [78, 81]

Em Skinner [82, 83], a abordagem *behaviorista* indica que a aprendizagem pode ser alcançada por meio de condicionamentos, com estímulos positivos e negativos às respostas do aluno. As teorias de Skinner se baseiam no fato que não se pode observar os eventos internos do organismo e entender como o conhecimento é adquirido, assim o autor propõe entender o ambiente no qual um estímulo ocorre, a resposta, e a consequência destas

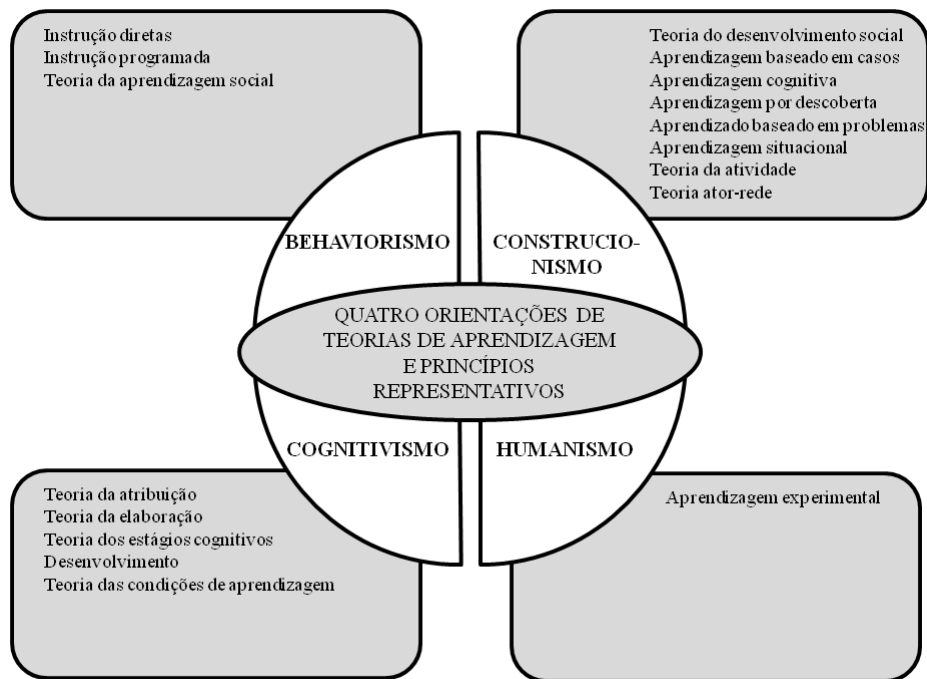


Figura 15 – Teorias de aprendizagem e princípios representativos. Adaptado de Wu [14]

respostas.

Skinner relaciona o aprendizado com reforço, punição, extinção e modelagem, além de esquiva (prevenção à um estímulo aversivo), e fuga (interrupção de um estímulo aversivo) [82].

Já Ausubel [84, 85, 86], descreve que a aprendizagem ocorre de dois modos, o modo mecânico, no qual algo pode ser decorado, porém depois é esquecido, e do modo significativo, no qual o aluno realmente aprende o conteúdo quando está disposto e quando o conteúdo tem significado lógico e psicológico para ele, sendo neste caso capaz de transferir o conhecimento para outros contextos.

## 2.5 Linguagens Formais e Autômatos

As linguagens formais são definidas a partir de um conjunto de símbolos nos quais a concatenação destes símbolos formam palavras, e um conjunto de palavras é uma linguagem formal [16].

Diferente das linguagens naturais como o português, uma linguagem formal é reconhecida por sua semântica precisa, não permitindo palavras de duplo sentido, e também pela sintaxe bem definida, na qual a partir de uma palavra é possível saber se ela pertence ou não à linguagem [15].

O alfabeto ou conjunto de símbolos de uma linguagem formal, é definido como

um conjunto finito de símbolos, tal como o alfabeto de ‘‘a’’ a ‘‘z’’ [15]. Como forma de simplificar e facilitar o entendimento, a literatura costuma utilizar poucos símbolos no alfabeto, como por exemplo ‘‘a’’ e ‘‘b’’, e o símbolo que representa o alfabeto é o  $\Sigma$ . Assim, a definição de um alfabeto pode ser vista em 2.1.

$$\Sigma = \{a, b\} \quad (2.1)$$

A partir de um alfabeto é possível concatenar os símbolos e formar palavras, tal como ‘‘ab’’ ou ‘‘ba’’, além de utilizar da repetição para gerar palavras com símbolos repetidos como por exemplo, ‘‘aabb’’, ‘‘ababab’’ e ‘‘bbbbaaa’’.

Quando têm-se um conjunto de palavras define-se uma linguagem sobre um alfabeto pré-determinado [87]. Tomando como exemplo o alfabeto definido em 2.2, pode-se definir uma linguagem  $L$  formada com as palavras tal como descrito em 2.3.

$$\Sigma = \{0, 1\} \quad (2.2)$$

$$L = \{0, 1, 00, 11\} \quad (2.3)$$

A linguagem representada em 2.3 pode ser descrita como a linguagem dos números binários de tamanho menor ou igual a dois. O tamanho da palavra refere-se então a quantidade de símbolos presentes em cada palavra, sendo que 0 e 1 são palavras que contém um símbolo, então o tamanho destas palavras  $w$  representado por  $|w|$ , é  $|w| = 1$  e para  $w = 00$  ou  $w = 11$ , assim tem-se que  $|w| = 2$ .

A representação da linguagem pode seguir uma expressão descrita na forma matemática, tal como  $L = \{w \in \{0, 1\}^*\}$ , que representa uma linguagem formada por uma palavra genérica  $w$ , que pode ser qualquer concatenação de 0 e 1, em qualquer ordem e qualquer tamanho. Para esta linguagem tem-se a presença de uma palavra especial, a  $\lambda$ , que representa a palavra vazia, uma palavra com tamanho igual a 0 [88]. Assim, as palavras da linguagem descrita acima podem ser representadas em 2.4.

$$L = \{\lambda, 0, 1, 00, 11, 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, \dots\} \quad (2.4)$$

Conforme descrito acima, uma linguagem formal deve ter uma sintaxe precisa de modo que seja possível identificar se uma palavra pertence ou não à uma linguagem. Este mecanismo reconhecedor é chamado de autômato, que ao ser construído para uma linguagem  $L$  qualquer, e tendo como entrada uma palavra  $w$  qualquer, o autômato responderá *SIM* ou *NÃO* indicando se a palavra  $w$  pertence à linguagem  $L$  [87, 15].

Um autômato é um conceito similar ao diagrama de estado, como por exemplo, ao analisar os estados possíveis para uma lâmpada, que ou está acesa ou apagada, e o que gera a transição entre um estado e outro é o evento de apertar o interruptor.

Os autômatos e mecanismos reconhecedores de linguagens formais são divididos de acordo com a Hierarquia de Chomsky [15, 87, 88], que classifica o autômato de acordo com a complexidade das linguagens formais.

A representação de um Autômato Finito Determinístico, o mecanismo reconhecedor para as linguagens regulares, além dos estados possíveis, tem-se um elemento que define o estado inicial, o(s) estados finais e as transições [16], tal como mostra a Figura 16.

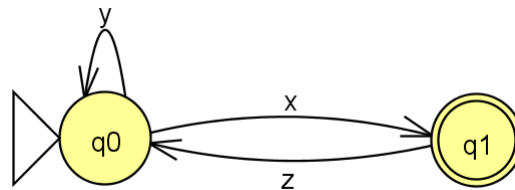


Figura 16 – Representação de um autômato

Na Figura 16 pode ser visto que os estados são os círculos, com os seus respectivos nomes  $q0$  e  $q1$ , o estado inicial do autômato é marcado por um seta  $q0$  e o(s) estados finais são marcados por um círculo duplo em cada estado  $q1$ .

Além dos estados, o autômato representa ainda as transições entre os estados com os símbolos do alfabeto da linguagem, neste exemplo,  $x$ ,  $y$  e  $z$ . Estes elementos formam a descrição formal de um Autômato Finito Determinístico (AFD) que é a representação matemática do AFD.

O comportamento do AFD é feito de tal forma que cada símbolo é lido uma vez, e a cada leitura o autômato muda de estado conforme as transições existentes no AFD. A construção de um autômato visa ser feita de forma que ao processar uma palavra inteira, se o estado ativo no final do processamento é um estado final representa que a palavra é aceita pela linguagem, caso contrário a palavra não é aceita.

Considere o exemplo do autômato descrito na Figura 17. O processamento de uma palavra inicia-se com o estado ativo sendo o  $q0$ . Utilizando a palavra  $abc$  como teste, ao processar o  $a$ , o estado ativo passa do  $q0$  para o  $q1$ . Na sequência, ao processar o símbolo  $b$  da palavra, o estado ativo muda de  $q1$  para  $q2$ , e por fim processando o  $c$  chega-se ao estado  $q3$ . Como a palavra inteira foi processada, e o estado ativo ao final do processamento é um dos estados finais, quer dizer que palavra  $abc$  pertence à linguagem reconhecida pelo autômato da Figura 17

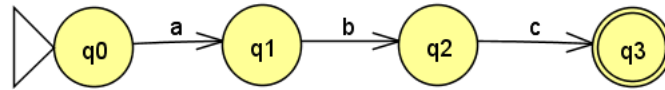


Figura 17 – Exemplo de autômato que reconhece a palavra  $abc$ . Adaptado de [15]

Para o autômato da Figura 17, pode-se ainda representar a descrição formal completo do autômato, conforme descrita em 2.5 e de acordo com a Tabela 1

$$\begin{aligned}
 \Sigma &= \{a, b, c\} \\
 E &= \{q0, q1, q2, q3\} \\
 i &= q0 \\
 F &= \{q3\}
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

Tabela 1 – Função de transição do autômato da Figura 17

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>q0</b>	q1		
<b>q1</b>		q2	
<b>q2</b>			q3
<b>q3</b>			

Ao utilizar como teste a palavra  $ab$ , o processamento inicia-se do mesmo modo, com  $q0$  como estado ativo, e ao processar o primeiro símbolo  $a$ , uma transição de  $q0$  para  $q1$  indica que o novo estado ativo é o  $q1$ . Na sequência, para processar o símbolo  $b$ , tendo como estado ativo o  $q2$ . Neste momento, termina-se o processamento da palavra  $ab$ , e o estado ativo ao final do processamento não é um estado final  $q2 \notin F$ , portanto a palavra  $ab$  não pertence à linguagem reconhecida pelo autômato.

Tomando como exemplo a palavra  $abca$ , ao processar a palavra, inicia-se pelo estado  $q0$ , passando por  $q1$ ,  $q2$  e  $q3$  com os símbolos  $a$ ,  $b$  e  $c$  da palavra. No entanto, para processar o quarto símbolo da palavra, o  $a$  a partir do estado ativo neste momento, o  $q3$ , não existe transição de  $q3$  com  $a$ , portanto o processamento da palavra  $abca$  trava, não sendo esta processada totalmente, e conseqüentemente não fazendo parte da linguagem reconhecida pelo autômato.

Ao analisar linguagens mais complexas, tal como  $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$ , pode-se observar as palavras que fazem parte da linguagem em ordem crescente. O menor valor possível para  $n$  e para  $m$  é 1, isso quer dizer que é possível ter pelo menos um  $a$  e pelo menos um  $b$  na palavra. Após um  $a$  e um  $b$ , pode-se ter qualquer quantidade de  $a$  e  $b$ , desde que todos os  $a(s)$  sejam antes dos  $b(s)$ . Exemplos de palavras da linguagem podem ser vistas em 2.6.

$$L = \{ab, aab, aaab, aaaab, aaaaaab, abb, abbb, abbbb, abbbbb, aabb, aaabbb, \dots\} \quad (2.6)$$

Com base nas palavras descritas em 2.6, a construção do AFD para esta linguagem pode ser iniciada a partir do AFD representado na Figura 18, na qual a partir do estado inicial  $q_0$ , ao processar o 1º  $a$ , o estado ativo passará a ser o estado  $q_1$ , e ao ler o 1º  $b$ , o estado ativo será o  $q_2$ , que é um estado final, aceitando assim a menor palavra da linguagem  $ab$ .

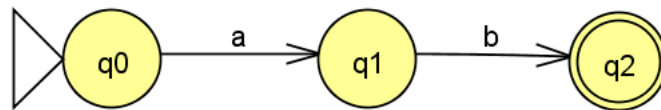


Figura 18 – Construção do AFD para  $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$  Adaptado de [16]

No processamento das palavras da linguagem, como é necessário ter pelo menos um  $a$ , quando o autômato ler o primeiro símbolo  $a$  da palavra, irá do estado  $q_0$  para  $q_1$ , e quando tiver mais  $a$  na palavra é necessário adicionar uma transição de  $q_1$  para  $q_1$  com  $a$ . Do mesmo modo para o  $b$ , após o 1º  $b$ , o estado ativo será o  $q_2$ , e ao processar os próximos  $b$  existentes, o processamento entrará em um *loop* em  $q_2$  com  $b$ . A representação final do AFD para  $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$  pode ser vista na Figura 19, enquanto que a sua descrição formal pode ser vista em 2.7 e na Tabela 2.

$$\begin{aligned} \Sigma &= \{a, b\} \\ E &= \{q_0, q_1, q_2\} \\ i &= q_0 \\ F &= \{q_2\} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Com o autômato da Figura 19, ao processar qualquer palavra da linguagem, a palavra será processada por completo, e o AFD terminará com  $q_2$  de estado ativo. Para qualquer outra palavra que não pertence à linguagem, o AFD não reconhecerá, indicando corretamente que no caso a palavra não pertence à linguagem.

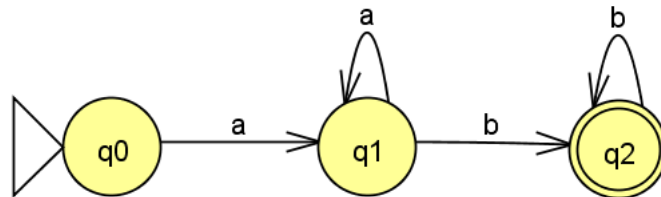


Figura 19 – AFD para  $L = \{a^n b^m / n > 0, m > 0\}$  Adaptado de [16]

Tabela 2 – Função de transição do autômato da Figura 19

	<b>a</b>	<b>b</b>
<b>q0</b>	q1	
<b>q1</b>	q1	q2
<b>q2</b>		q2

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando atingir o objetivo do uso dos componentes de jogos como diretrizes pedagógicas no desenvolvimento de jogos educacionais, foi necessário a pesquisa bibliográfica das teorias de desenvolvimento de jogos, levantamentos dos componentes de jogos, teorias pedagógicas [72, 11, 12, 13, 7, 74, 14, 79, 80, 78, 81, 82, 83, 89, 84, 85, 86], e jogos educacionais.

A pesquisa foi realizada nas bases da *IEEE Xplore* [90], Google Acadêmico [91], SciELO [92] e *Science Direct* [93]. Nas buscas relacionadas aos jogos, foram utilizadas palavras chave associadas com os conteúdos, tal como jogos educativos, jogos educacionais, jogos didáticos e jogos para ensino. A mesma ideia foi utilizada para as metodologias de desenvolvimento de jogos, utilizando termos como: desenvolvimento de jogos educativos, desenvolvimento de jogos educacionais, desenvolvimento de jogos, metodologias de desenvolvimento de jogos, entre outras similares.

Nas buscas sobre o aprendizado a partir dos componentes identificados, também foram utilizadas palavras chave, tal como aprendizado *feedback*, aprendizado narrativa, ensino aprendizado recompensas, ensino aprendizado desafios, etc.

Estas buscas foram realizadas em português e inglês, normalmente filtrando resultados por ano a partir de 2015, sendo que alguns trabalhos mais relevantes e anteriores a 2015 ainda foram utilizados.

O trabalho foi desenvolvido então, analisando os conceitos de jogos educativos, que são apresentados na seção 2.1, as metodologias descritas nas seções 2.2 e 2.3, os seguintes componentes principais dos jogos foram identificados.

- Interação social
- *Feedback*
- Desafios
- Recompensas/penalidades/pontuações
- Habilidade do jogador
- Cooperação e competição
- Estética
- História/narrativa
- Recursos

- Tempo
- Níveis
- Mecânica do jogo
- *Status*

Estes componentes dos jogos representam elementos característicos de jogos de entretenimento e educacionais, que auxiliam na definição dos objetivos e dinâmicas de um jogo.

A identificação destes componentes se deu por meio da análise dos artigos e trabalhos das seções 2.2 e 2.3, e extraído as informações que mais aparecem nas metodologias de desenvolvimento de jogos.

Em sequência, os componentes dos jogos que foram identificados nas metodologias de desenvolvimentos, são relacionados com os conceitos de aprendizagem, e com a aplicação dos mesmos no ensino, definindo as diretrizes para guiar o desenvolvimento de um jogo educativo.

Como forma de aplicar as diretrizes definidas, o projeto de um jogo para a área de Linguagens Formais e Autômatos foi desenvolvido. O jogo *CastAway* aborda os conceitos de Autômatos Finitos Determinísticos e Linguagens Regulares, conteúdo relacionado ao curso de Ciência da Computação e similares.

O jogo apresenta uma narrativa na qual o jogador deve ajudar náufragos presos em ilhas a construir uma embarcação e escapar das ilhas. Para isso, cada náufrago dispõe de recursos que podem ser utilizados para a construção da embarcação, como facas e cordar. No entanto o jogador deve gerenciar os recursos disponíveis e compartilhar entre cada um dos náufragos nas ilhas, visando o objetivo final da construção da embarcação.

A ideia do jogo tem similaridade em sua narrativa e mecânica com os conceitos de Autômatos, visando auxiliar no aprendizado, de forma lúdica e divertida.

O projeto do jogo foi elaborado conforme o *Game Concept* proposto por Novak [94], definindo os elementos principais do jogo, realizando a implementação da mecânica e dinâmicas, e posteriormente desenvolvimento das fases de acordo com a ideia proposta.

Assim, o próximo Capítulo apresenta uma análise destes elementos, e do estudo de caso aplicado ao jogo *CastAway*.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este Capítulo apresenta a análise dos componentes dos jogos e as diretrizes para o desenvolvimento de jogos educacionais associado as bases pedagógicas. O Capítulo apresenta também o Estudo de Caso desenvolvido sobre o jogo *CastAways*.

A partir dos elementos descritos na seção 2, os seguintes componentes principais dos jogos educativos foram identificados, e uma breve descrição destes componentes pode ser vista a seguir.

A interação social representa as interações com outros jogadores dentro do jogo, tanto em jogos colaborativos, quanto em jogos competitivos. O *feedback* por sua vez representa as mensagens que o jogo pode enviar para o jogador, auxiliando o jogador quando ele está fazendo alguma ação incorreta, ou incentivando quando ele resolver um problema no jogo [12].

Os desafios do jogo são os problemas para os quais o jogador deve resolver. A ideia é que o jogo combine o nível de dificuldade dos desafios com a experiência e habilidade do jogador, para que o jogador não tenha um desafio que não consiga resolver ou um desafio muito fácil que deixe o jogador entediado, tal como descreve Csikszentmihalyi [67] na Teoria do Fluxo.

O jogo pode conter ainda recompensas, penalidades e pontuações, para indicar por exemplo que o jogador está no caminho correto para resolução do problema, ou indicando que o jogador tentou lutar com um adversário mais forte e perdeu sua armadura, ou perdeu pontos de energia [11].

A habilidade do jogador indica o quanto o jogador pode evoluir dentro do jogo ao resolver os problemas. Esta característica pode estar ligada ao tempo que o jogador passa dentro do jogo, e como cada jogador consegue entender as mecânicas, dinâmicas e estética do jogo [6], deixando o jogo mais fácil para o jogador.

Cooperação e competição nos jogos podem envolver disputas por um recurso, na qual dois jogadores precisam competir entre si para ver quem fica com um objeto, ou a cooperação que pode envolver um desafio maior do que o usuário pode resolver, necessitando da ajuda de outros jogadores para conseguir avançar no jogo [11].

Estética representa os elementos que tornam os jogos divertidos, incluindo por exemplo, a sensação que o jogo proporciona no jogador, a fantasia que o jogador é inserido, em conjunto com a narrativa/história do jogo, além dos desafios e descobertas dentro do jogo [6].

A história/narrativa visa criar um enredo para inserir os elementos do jogo. A

narrativa é então formada de várias movimentações e ações dentro do jogo para completar a tarefa/objetivo do jogo [95].

Os recursos são as ferramentas que estão presentes no jogo, com objetivo de auxiliar o jogador na resolução dos problemas. Estes recursos podem ser disponibilizados para os jogadores de forma aleatória, ou serem conquistados por meio de tarefas/ações [74].

O tempo do jogo expressa como o jogo ocorre, se baseado em turnos, como um jogo de xadrez, ou baseado em tempo real, possibilitando um jogo síncrono ou assíncrono [94].

Os níveis determinam as tarefas e problemas a serem resolvidos pelo jogador. A quantidade de níveis pode variar de acordo com o jogo, e o nível de dificuldade também pode ser crescente, visando também fazer com que as habilidades do jogador sejam aperfeiçoadas a medida que o jogador passa de nível, conseqüentemente aumentando assim a dificuldade das fases e níveis posteriores do jogo [94].

A mecânica do jogo representa as movimentações, ações e interações que o jogador faz com os objetos e recursos do jogo. Indica ainda se o jogador pode interagir com outros personagens, pegar objetos, atirar, entre outras ações [94].

O *status* do jogador pode representar o nível de habilidade do jogador, indicando a quantidade de fases e tarefas que ele já resolveu no jogo, sendo que um jogador com um *status* maior pode resolver tarefas que um jogador com um *status* menor não consegue resolver [11].

A análise destes componentes, e a relação destes componentes com os elementos de aprendizagem, que resultou nas diretrizes para desenvolvimento de jogos educacionais pode ser vista a seguir.

## 4.1 Diretrizes para Desenvolvimento de Jogos Educacionais

Nos modelos de *canvas* apresentados na seção 2.2 [1, 2, 3, 4], e também em metodologias de desenvolvimento e modelos para jogos educativos [5, 66, 64, 6], são citados sobre os elementos presentes em um jogo, tal como a narrativa/história, os *feedbacks* do jogo, os desafios, o tempo do jogo, entre outros. Com objetivo de padronizar a nomenclatura deste documento, estes elementos serão chamados de componentes dos jogos educativos, e nesta seção serão descritas as relações destes componentes com o aprendizado.

Paraskeva [12] em seu trabalho enfatiza a importância de jogos educativos *multiplayer* como ferramentas de ensino, e analisa que as interações sociais de um jogo são similares à uma criança jogando, de modo que jogar um jogo educativo se torna uma atividade de aprendizado complexa, tal como uma brincadeira entre crianças no *playground*.

Já Reichart [96] analisa a importância das interações sociais nos jogos educativos,

e o modo como estas interações podem enriquecer o jogo como um todo. O autor ressalta que o uso de interações sociais nas mecânicas dos jogos pode melhorar a dinâmica do jogo e conseqüentemente o aprendizado com jogos.

O *feedback* é destacado como um dos elementos do modelo de Aprendizado com Mecânica dos Jogos de Lim [11], e é relacionado com o objetivo educacional de Bloom de analisar, sendo o jogador capaz de analisar o *feedback* e alterar ou não o comportamento no jogo para obter vitória no jogo, ou para parar de falhar.

Em Cornillie [97] são evidenciadas a relevância do *feedback*, e o modo como as percepções do jogador sobre o *feedback* moldam a experiência do jogo e também do aprendizado. O autor apresenta a importância do *feedback* no ensino de uma língua estrangeira e como o *feedback* impacta no aprendizado.

Bouroumane [13] comenta que um jogo educativo sem o elemento pedagógico perde sua efetividade no fator de ensinar, e um jogo que não aplica os conceitos pedagógico de forma lúdica pode limitar o engajamento. Deste modo, os desafios propostos pelo jogo podem fazer com que o jogador se sinta desafiado a resolver problemas, favorecendo o aprendizado.

Csikszentmihaly [67] incorpora o desafios como elemento chave para a diversão, e conseqüentemente para o fluxo. Segundo o autor, os desafios devem ser equilibrados de acordo com as habilidades do jogador, ou seja, se o jogador é pouco experiente e habilidoso, o desafio deve ser simples e fácil, se o jogador tem mais experiência pode-se utilizar de desafios mais complexos.

Estes desafios muito simples ou muito complexos de acordo com a habilidade do jogador, fazem com que o jogador alcance estágios fora do nível de fluxo, ou se tornando ansioso devido à complexidade dos desafios propostos, ou o jogador fica entediado, pois os desafios propostos são muito simples.

Em Lim [11] as recompensas, penalidades e pontuações são associadas à ideia de avaliação presente no domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom [98], sendo que estas atividades favorecem tipos de aprendizado, tal como a colaboração, a formulação de hipóteses, incentivando e motivando o jogador no jogo, e no seu aprendizado. Howard-Jones [99] também destaca a importância das recompensas, associando recompensas e penalidades com o aprendizado por reforço.

Zaffari [7] utiliza-se do estudo do *design* de jogos para classificar as habilidades do jogador em: linguísticas, raciocínio, memorização, percepção visual, percepção auditiva, produção de ideias, multifuncionais, físicas, psicomotoras. A ideia do autor é de que se for possível descobrir que habilidades os jogos favorecem, é possível projetar e oferecer uma experiência significativa com os jogos. Além disso, a partir destas experiências significativas, a diversão é favorecida unindo as habilidades do jogador com a Teoria do Fluxo

de Csikszentmihalyi [67], e proporcionando uma atividade mais divertida que favorece o aprendizado.

Lim [11] relaciona os diversos tipos de mecânica do jogo com a Teoria de Bloom, associando a cada tipo de mecânica um objetivo educacional. A ideia do autor é que para cada tipo de jogo com suas mecânicas específicas, um objetivo educacional está incluso nessa mecânica, por exemplo, jogos que necessitam de projeto, estratégia e planejamento para resolver as tarefas, jogos que tem mecânicas infinitas de jogabilidade, ajudam a desenvolver o conhecimento.

Lim [11] ressalta também a importância da cooperação e colaboração em jogos, que estão associados com o aprendizado por meio de demonstrações, participações e ações e tarefas para os aprendizes. O autor enfatiza ainda que colaboração e cooperação estão associados ainda aos objetivos educacionais de avaliação e aplicação de Bloom, sendo de fundamental importância para o aprendizado, podendo ser associado à outras mecânicas do jogo, como interação social, tempo do jogo, estratégia, entre outros.

Em Patino [74], a cooperação, competição, e colaboração são apresentados como mecânicas do aprendizado colaborativo, sendo que estes elementos dos jogos estão diretamente relacionados às interações sociais que os jogos tem.

Bouroumane [13] enaltece o lado lúdico de um jogo, associado ao lado pedagógico para favorecer ainda mais o aprendizado. Este lado lúdico pode passar por uma estética do jogo, ou seja, que os elementos gráficos do jogo auxiliem o jogador na busca pela resolução dos problemas, que estejam representados de forma bela e bem dispostos, favorecendo a imersão do jogador no jogo, e conseqüentemente o aprendizado.

Cox [72] ressalta a importância da história/narrativa em um jogo, e divide a história em três atos, sendo que no primeiro ato, a história deve prender a atenção do jogador, no segundo ato deve-se apresentar uma tensão na narrativa, e por fim o terceiro ato apresenta a resolução do problema.

Van Broeckhoven [95] utiliza-se de uma linguagem de modelagem específica de domínio, o ATTAC-L, que associa uma linguagem natural com conceitos de fluxograma, incorporando ainda elementos pedagógicos sobre a história, visando auxiliar na construção da narrativa do jogo.

Lim [11] também descreve o gerenciamento de recursos do jogo como uma característica relevante para o jogo como um todo. O autor ainda relaciona o gerenciamento de recursos com o objetivo educacional de avaliação, avaliando os recursos disponíveis, e gerenciando o uso correto e racional destes.

Patino [74] inclui o gerenciamento de recursos como uma das mecânicas possíveis para aprendizado baseado em problemas, pois o próprio gerenciamento dos recursos em um jogo, pode ser analisado de forma individual como um problema em si.

Patino [74] também descreve a influência do tempo do jogo como um fator para o aprendizado. O jogo pode ser síncrono, assíncrono, e também ser em rodadas tal como xadrez ou damas. O autor relaciona o tempo do jogo com as instruções programadas, na qual o aprendiz recebe uma instrução e em seguida é questionado sobre a mesma, recebendo também um *feedback* sobre a resposta.

Em Lim [11] o fator tempo também é considerado como uma mecânica que favorece o aprendizado, e está relacionado com o objetivo educacional de avaliação, pois se o jogador precisa resolver um problema em determinado período, cabe ao jogador avaliar e refletir se isto será possível com os recursos disponíveis no momento.

A importância dos níveis em jogos educativos também é ressaltada no trabalho de Lim [11], na qual os níveis podem favorecer a aprendizagem por reforço de determinados conteúdos. Lim também associa os níveis à uma progressão de fases em fases, relacionando esta progressão com o objetivo educacional de aplicação de Bloom.

Cox [72] também enfatiza o uso de níveis para organizar a progressão do jogador no jogo, além de aperfeiçoar as habilidades do jogador. O autor ainda destaca a organização dos níveis observando as características de metas dos níveis, duração, disponibilidade, relações e dificuldades.

Lim [11] ressalta que o *status* de um jogador no jogo auxilia na criação do aprendizado, pois um *status* maior no jogo pode fazer com que o jogador sinta uma responsabilidade maior, incentivando o jogador a resolver tarefas e cuidar de outros jogadores com *status* menores. O autor ainda faz a associação do *status* com o objetivo educacional de Bloom de criação, sendo que o *status* do jogador pode gerar ações de planejamento do jogador durante o jogo.

A aplicação destes componentes no desenvolvimento de um jogo educativo e base pedagógica associada a cada componente pode ser visualizado na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Diretrizes para desenvolvimento jogos educacionais

<b>Componentes</b>	<b>Como aplicar no jogo</b>	<b>Base pedagógica</b>
Interação social	Comunicação entre jogadores no jogo Troca/compartilhamento de recursos entre jogadores Compartilhar externamente resultados em redes sociais	Aprender se divertindo [12] Aprendizado autodirigido, sendo criativo de forma autônoma [100] Aprender participando de um grupo social de jogadores [79]
<i>Feedback</i>	Mensagens para o jogador a cada ação correta/incorreta Respostas textuais, visuais ou sonoras	Reforços positivos e negativos utilizados para estimular o aprendizado [82] Aprendizado a partir da identificação de causas e motivos [11, 98]
Desafios	Desafios de acordo com a habilidade/experiência do jogador (uso de IA) Desafios que estimulem o raciocínio	Situações compatíveis com o nível de aprendizado do jogador [79] Desafios equilibrados favorecem a continuidade do Fluxo [67]
Recompensas, penalidades e pontuações	Ganhar estrelas, corações, vida, energia como recompensas a cada ação correta, e perder a cada ação incorreta Incentivar jogador com recompensas, pontuações para as tarefas do jogo	Aprendizado por meio do julgamento da validade das informações [11, 98] Aprendizado por reforço [99]
Continua na próxima página		

**Tabela 3 - Continuação**

<b>Componentes</b>	<b>Como aplicar no jogo</b>	<b>Base pedagógica</b>
Habilidades do jogador	Permitir evolução do jogador à medida que ele joga Evolução ao passar de fases/níveis	Aprendizagem significativa de Ausubel (aprende o que faz sentido) [84] Oferecer experiência significativa com o jogo, e manter o jogador no Fluxo [67]
Cooperação e competição	Criar problemas/tarefas que precisam de cooperação entre jogadores para serem resolvidos Possibilitar que um jogador desafie o outro a competir entre si	Aprendizagem significativa de Ausubel (aprende o que faz sentido e é capaz de transferir o conhecimento a outros) [84] Aprendizado por resolução de problemas [11, 98] Aprendizado colaborativo [74]
Estética	Elementos gráficos que incorporem e incrementem a narrativa do jogo Gráficos e áudio que auxiliam na interação do jogador com o jogo	Favorece a imersão, e conseqüentemente o aprendizado [13] Facilita a representação de cenários, conceitos, moléculas, células, gráficos [101]
Continua na próxima página		

Tabela 3 - Continuação

Componentes	Como aplicar no jogo	Base pedagógica
História e narrativa	<p>Criar uma história envolvente (premissa, história anterior, sinopse, tema e cenário) e enredo (equilíbrio entre conflitos, mudança de foco, prenúncio de eventos, suspensão de descrença e realismo)</p> <p>História favorecendo a interatividade com o jogador</p>	<p>Favorece a imersão, e conseqüentemente o aprendizado [13]</p> <p>Pode garantir o envolvimento emocional, favorecendo imersão e o aprendizado [72]</p> <p>Facilita o aprendizado de novas experiências (em um jogo de simulador, o jogador se torna engenheiro, médico ou piloto) [102]</p>
Recursos	<p>Diferentes tipos de recursos para o usuários (armas diferentes em jogos de tiro, uniformes diferentes em jogos de esportes)</p> <p>Compartilhamento/troca de recursos entre jogadores</p>	<p>Aprendizado que favorece a análise crítica da situação [11, 98]</p> <p>Aprendizado baseado em problemas [74]</p>
Tempo	<p>Pressão do tempo como desafio para o jogo</p> <p>Jogos síncronos, assíncronos e de turnos</p>	<p>Instruções programadas [74]</p> <p>Aprendizado por meio da avaliação e resolução de problemas [11, 98]</p>
Níveis	<p>Nível crescente de dificuldade das fases</p> <p>Grande quantidade de níveis</p> <p>Organizados visando aprimorar o modo de jogar do jogador</p>	<p>Favorecem o aprendizado por reforço [11]</p> <p>Aprendizado por resolução de problemas [11, 98]</p>
Continua na próxima página		

**Tabela 3 - Continuação**

<b>Componentes</b>	<b>Como aplicar no jogo</b>	<b>Base pedagógica</b>
Mecânica do jogo	Liberdade nas mecânicas dos personagens Mecânicas simples e intuitivas	Compreender, aplicar, analisar sintetizar e avaliar o conhecimento [11]
<i>Status</i>	Aprimoramento no <i>status</i> do jogador a medida que ele passa de fases Criar senso de responsabilidade de jogadores com status alto	Construção e investigação de novas ideias [11, 98]

## 4.2 Estudo de caso: CastAway

Para mostrar a aplicação das diretrizes de desenvolvimento em jogos educacionais, o projeto de um jogo foi desenvolvido para auxiliar no ensino de autômatos finitos determinísticos.

O jogo é ambientado em ilhas isoladas, na qual cada ilha é habitada por um naufrago, e estes devem trabalhar em conjunto para a construção de uma embarcação para fugir das ilhas.

Segundo o trabalho de Novak [94], os conceitos do jogo são descritos a seguir.

### 4.2.1 Descrição sucinta do jogo

No jogo, cada fase é representada por um cenário composto de  $n$  ilhas, cada uma habitada por um naufrago. Estas ilhas possuem os recursos necessários para escapar, tais como comida, madeira, corda, entre outros. A função do jogador é gerenciar estes recursos e transportá-los até a ilha onde será construída a embarcação que resgatará todos os naufragos com vida e obter o sucesso na fase

A analogia com os conceitos teóricos de linguagens formais e autômatos é que as ilhas são os estados do autômato, o transporte de um recurso de uma ilha para outra, ou o manuseio de um recurso dentro de uma ilha é similar a uma transição no autômato com um símbolo do alfabeto, sendo que neste caso, os recursos são os símbolos do alfabeto.

Cada fase estará associada a uma linguagem regular específica, ou seja, deverá ser necessário manusear os recursos em uma ilha específica, sendo esta ilha representada no

autômato como o estado inicial, e terminar a embarcação também em uma ilha específica, esta o estado final do autômato, assim a resolução de um nível no jogo está associado à construção de um autômato finito determinístico para uma linguagem regular qualquer.

O jogo é dividido em cinco fases, cada qual com três níveis distintos. A primeira fase apresentará os conceitos do jogo e suas mecânicas, estando esta associada a linguagens regulares finitas, as quais contêm um número finito de palavras aceitas pela linguagem, sendo assim de fácil resolução. Um esboço de uma fase inicial do jogo pode ser visto na Figura 20.

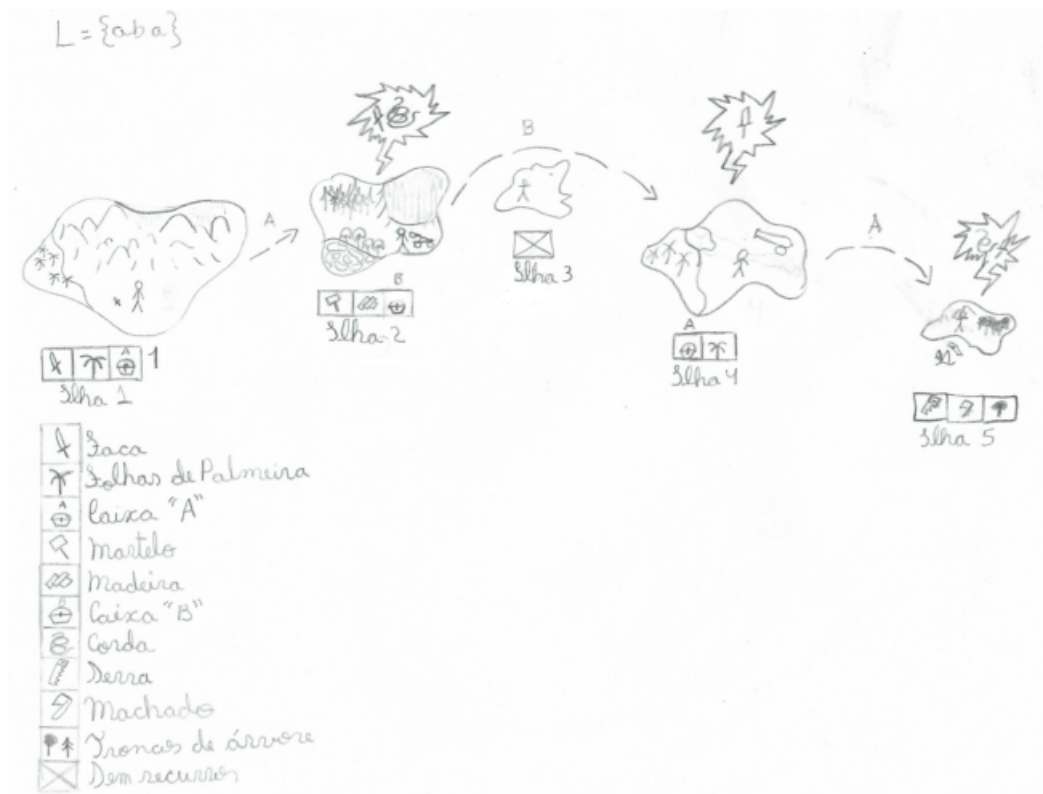


Figura 20 – *Storyboard* de uma fase inicial do jogo

As fases 2 e 3 introduzem respectivamente, o conceito de repetição em uma linguagem regular e o conceito de palavras sobre um alfabeto tais que podem ser de qualquer ordem e qualquer tamanho, ocasionando assim um grau de dificuldade maior se comparado com a primeira fase.

As fases 4 e 5 visam abordar os conceitos de autômatos e linguagens regulares de forma diferente. Na fase 4 o jogador irá se deparar com uma representação formal dos recursos necessários em cada ilha para a construção da embarcação, similar à análise de uma expressão regular e posterior construção do autômato. A partir desta expressão o jogador deve gerenciar seus recursos e movê-los visando atingir o mesmo objetivo que é escapar. Já na última fase, o objetivo do jogo é apresentar um cenário, no qual a embarcação já foi construída e os naufragos já escaparam e o jogador tem como objetivo

identificar em quais ilhas estavam os recursos que foram utilizados na construção da embarcação. Além disso, o jogador precisa descobrir como os recursos foram movimentados entre as ilhas e para a ilha na qual a embarcação foi construída. Esta representação visa relacionar-se à análise de um autômato já construído e a identificação da linguagem a qual o autômato reconhece.

#### 4.2.2 Premissa

Ajude um grupo de náufragos a construir uma embarcação e escapar das ilhas antes que seja tarde demais!

#### 4.2.3 Motivação do jogador

A ideia é o jogador trabalhar com resolução de quebra-cabeças e gerenciamento de recursos, visando resgatar todas as pessoas das ilhas, e de proporcionar uma ferramenta auxiliar no aprendizado dos conceitos de linguagens regulares e autômatos finitos determinísticos.

#### 4.2.4 Classificação etária, público alvo e gênero

De acordo com a ESRB (*Entertainment Software Rating Board*) [103], o jogo terá classificação etária E, livre para todas as idades, porém com foco nos alunos e professores que desejam trabalhar com linguagens formais e seus mecanismos reconhecedores.

Como a ideia do jogo é trabalhar com alunos matriculados em cursos no ensino superior na área da Computação, que contemplem a matéria de Linguagens Formais e Autômatos ou similares, o público alvo tende a ser estes alunos, buscando além de divertir, explorar os conceitos de Teoria dos Autômatos. Além disso, professores da área podem utilizar o jogo como ferramenta de apoio ao ensino.

No entanto o jogo não é restrito a estes alunos, como a ideia do jogo é transformar estes conceitos teóricos em uma abordagem simples e lúdica, qualquer pessoa que goste de jogos no estilo quebra-cabeça pode ser um jogador, visando resolver os problemas do jogo, sem necessariamente estar cursando a matéria de Linguagens Formais.

O jogo se enquadra no gênero de estratégia, porém incorpora características de jogos de sobrevivência, gerenciamento de recursos, lógica, quebra-cabeça e tiro ao alvo, propondo assim trabalhar o aprendizado e o envolvimento do jogador no jogo.

#### 4.2.5 Plataforma e requisitos de *hardware*

O jogo foi desenvolvido utilizando a Unity [104] e na linguagem C# em uma máquina com o processador da Intel Core i5 da sétima geração, com memória RAM de 8GB, um disco SSD de 240GB e placa gráfica GeForce 940MX, rodando o sistema

operacional Windows. O jogo estará disponível apenas para computadores, uma vez que este é um recurso muito utilizado pelo principal público alvo do jogo, os estudantes e professores da disciplina de Linguagens Formais e Autômatos.

#### 4.2.6 Licença

Os elementos gráficos e sonoros presentes no jogo estão disponíveis nos seguintes *sites* [105, 106, 107, 108, 109, 110] e são de acesso público e gratuito para qualquer usuário. Sendo assim, o jogo não tem nenhum interesse comercial e/ou contrato financeiro com nenhuma empresa de desenvolvimento de jogos, visando única e exclusivamente a disseminação do conhecimento e o aprendizado.

#### 4.2.7 Análise para inovação

Os simuladores são os recursos mais utilizados no ensino de Linguagens Formais e Autômatos. Nesta área, a literatura apresenta poucos jogos desenvolvidos com o intuito educativo, relacionando os conceitos teóricos de forma lúdica e divertida [41, 40, 39, 43, 42]. Assim, o jogo tem um potencial para ser algo diferente e inovador, visando entreter o público, além de contribuir com o aprendizado dos alunos, tornando a experiência do estudo de conceitos teóricos mais dinâmica e agradável.

#### 4.2.8 O *design* da primeira fase

De acordo com a ideia inicial do jogo apresentada acima, a mecânica para a primeira fase do primeiro nível foi desenvolvida. Assim, a primeira fase introduz um objeto do jogo, a faca, sendo que com ela pode-se cortar palmeiras para fazer corda e também pode ser lançada de uma ilha para outra.

Visando incorporar um símbolo do alfabeto em uma linguagem regular, um AFD para a linguagem  $L = \{aa\}$  foi desenvolvido e pode ser visualizado na Figura 21 abaixo. Sua descrição formal foi apresentada no item 4.1 e a tabela de transição pode ser vista na Tabela 4.

$$\Sigma = \{a\}, E = \{q_0, q_1, q_2\}, i = q_0, F = \{q_2\} \quad (4.1)$$

	<b>a</b>
<b>q0</b>	q1
<b>q1</b>	q2
<b>q2</b>	

Tabela 4 – Tabela de transição para o AFD do primeira fase do primeiro nível

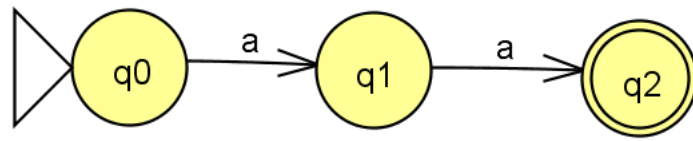


Figura 21 – Autômato Finito Determinístico para  $L = \{aa\}$

A escolha desta linguagem como nível inicial do jogo se deve ao fato de linguagens similares serem utilizadas como os primeiros exercícios na construção de autômatos finitos determinísticos em Vieira [15].

A narrativa das fases apresenta a ideia de construir uma embarcação para que os naufragos escapem das ilhas, porém a construção da embarcação depende dos recursos de cada ilha. A primeira fase apresenta três ilhas, sendo que na primeira há uma faca, na segunda ilha não existe nenhum recurso e a terceira contém palmeiras que podem ser cortadas para fazer corda e também contém a madeira necessária para construção da embarcação, conforme Figura 22.



Figura 22 – Imagem geral das ilhas

Deste modo os naufragos devem trabalhar em conjunto para escapar, sendo que o naufrago na primeira ilha deve lançar a faca para a segunda ilha e o naufrago da segunda ilha deve jogar a faca para a terceira ilha, na qual o naufrago irá cortar as palmeiras, fazer

a corda, finalizar a construção da jangada e resgatar os demais náufragos.

Nesta fase, a analogia do jogo com o AFD é que a faca representa o símbolo  $a$ , sendo a corda um elemento adicional para a narrativa do jogo. Os objetos desta fase são mostrados na Figura 23.



(a)



(b)



(c)

Figura 23 – Objetos do jogo: (a) faca (b) corda (c) embarcação

As ilhas existentes representam os estados do autômato, sendo a ilha que contém a faca representando o estado  $q0$ , a ilha em recursos representa o estado  $q1$  e a ilha com as palmeiras e com a embarcação ainda não finalizada o estado  $q2$ , tal como mostram as

Figuras 21 e 22. Assim, o estado inicial pode ser visualizado como a ilha com a faca e o estado final o que contém a embarcação, de acordo com a Figura 24.



(a)



(b)

Figura 24 – Ilhas do jogo (a) ilha inicial com faca (b) ilha final com embarcação já finalizada

As transições são representadas como lançamentos de uma ilha para outra, sendo que a faca é jogada da primeira ilha para a segunda ilha, representando a transição de  $q0$  para  $q1$  com  $a$  da Figura 21. A faca então é novamente lançada da segunda ilha para a terceira, representando a transição de  $q1$  para  $q2$ .

Com a narrativa da primeira fase finalizada as possibilidades de erro no jogo são elaboradas. Para essa primeira fase, um tubarão estará entre as ilhas, fazendo com que os náufragos não possam ir nadando de uma ilha para outra. Além disso, o náufrago na terceira ilha não pode utilizar o barco sem a corda.

A jogabilidade da fase é então testada pelos próprios desenvolvedores e integrantes da equipe do projeto, visando encontrar problemas, inconsistências, falhas de programação e erros na fase. Após esta etapa os erros e problemas encontrados são corrigidos, finalizando assim o desenvolvimento de uma fase.

A construção da primeira fase completa e posterior construção das demais fases

visa desenvolver as mecânicas de movimentação e lançamento dos objetos básicos na primeira fase, etapa esta mais complexa, e após utilizar esta mecânica incorporando os novos objetos nas novas fases a serem desenvolvidas.

#### 4.2.9 Criação das próximas fases

A criação das próximas fases e níveis seguiu o modelo de criação descrito na seção 4.2.8 acima para a primeira fase, sendo definidas as etapas de:

- Definir objetos da fase;
- Determinar linguagem regular do AFD associado à fase;
- Criar narrativa associada ao AFD;
- Elaborar cenários de erro;
- Testar; e
- Corrigir possíveis problemas encontrados.

Ainda após a criação das fases, o sistema de pontuação e *feedback* auxiliam o jogador durante o jogo, enviando mensagens de incentivo para o jogador quando este acerta uma transição e mensagens de jogada errada quando ele fizer uma transição desnecessária ou errada.

#### 4.2.10 Incorporando as diretrizes de desenvolvimento de jogos educacionais no jogo *CastAway*

A partir dos componentes destacados na seção 3 e da Tabela 3, a aplicação de cada componente no desenvolvimento do jogo *CastAway* tem como objetivo fazer com que os componentes tenham o elemento pedagógico inserido no jogo.

A interação social, e o *status* foram os dois componentes não aplicados no desenvolvimento do jogo *CastAway*. A interação social não foi implementada pois o jogo ainda encontra-se em uma versão preliminar, e portanto não há conectividade no jogo e portanto não tem como um jogador se comunicar com outros jogadores. O *status* por sua vez também está associado a interação social, uma vez que o *status* representa um senso de responsabilidade de jogadores com *status* mais alto para com jogadores com *status* mais baixo, e portanto também não foi implementado no jogo.

O uso de *feedback* foi implementado por meio de mensagens as ações do usuário, à medida que o jogador interage com os recursos do jogo. Estas mensagens para o usuário funcionam tal como estímulos positivos e negativos ao aprendizado, fazendo com que o

jogador realize uma análise acerca das suas ações e estabeleça novas estratégias para atingir o objetivo do jogo.

Para a implementação de desafios, foram desenvolvidos fases bônus para o jogador caso este resolva em um tempo mínimo pré-determinado.

As recompensas e penalidades foram inseridas no jogo de forma que ao passar de fase ganha-se uma pontuação, e ao fazer ações incorretas como lançar uma caixa para uma ilha incorreta ou tentar nada entre as ilhas e ser morto pelo tubarão, perde-se a vida do naufrago no jogo, levando à derrota.

A ideia das recompensas e penalidades visa obter do jogador uma avaliação das suas ações, gerando uma reflexão de modo que compreenda o que fez de errado, ou o que fez de certo para receber uma recompensa, similar à um aprendizado por reforço.

A habilidade do jogador foi implementada por meio do lançamento das caixas de uma ilha para outra, na qual ilhas em níveis mais avançados podem ter um tamanho menor, necessitando assim de uma pontaria mais precisa para acertar a caixa na ilha.

Estas características que foram implementadas no *CastAways* representam um modo de deixar o jogador no Fluxo de Aprendizado, tornando o ato de jogar como uma aprendizagem significativa, que faz sentido para o jogador.

A cooperação foi utilizada entre os personagens do jogo, uma vez que para passar de fase os naufragos precisam trabalhar de forma conjunta para construir a embarcação.

Gráficos 3D e ambientação sonora foram utilizados para aprimorar a estética do jogo, e a narrativa apresenta a história dos naufragos que se perderam e precisam construir uma embarcação para tentar fugir das ilhas. Isto torna a imersão do jogador ao jogo mais completa, possibilitando o jogador se sentir parte do personagem do jogo, que favorece o aprendizado.

Entre os recursos implementados estão o machado e a corda, sendo o machado utilizado para cortar árvores, e conseguir fazer a corda, que é utilizada para amarrar a embarcação. Um exemplo destes recursos pode ser visto na Figura 25.

O uso dos recursos como corda e faca, torna a resolução das fases do jogo como um aprendizado baseado em problemas, na qual o jogador precisa utilizar a faca para fazer a corda, passar a corda para outro personagem do jogo, que a utiliza para finalizar a embarcação, e retornar para salvar os demais personagens. Este fator faz com que o usuário necessite avaliar todo o cenário de uma fase e elaborar uma estratégia de resolução visando o objetivo final.

A questão do tempo foi utilizado como medida para mensurar o entendimento da estrutura do nível, ou seja, se um jogador consegue resolver um nível em um tempo mínimo quer dizer que o jogador consegue entender a dinâmica do nível. Caso o jogador



Figura 25 – Machado sendo carregado pelo náufrago

gaste muito tempo em um determinado nível, este pode estar com dificuldades de entender as dinâmicas e o que é necessário para passar de fase.

A marcação do tempo visa analisar quanto tempo o jogador levou para avaliar as condições da fase, elaborar sua estratégia, e agir dentro da fase.

Com relação aos níveis do jogo, foram implementados os três primeiros níveis, apresentando um crescente grau de dificuldade de um nível para outro. A Figura 26 abaixo representa a visualização destes níveis.

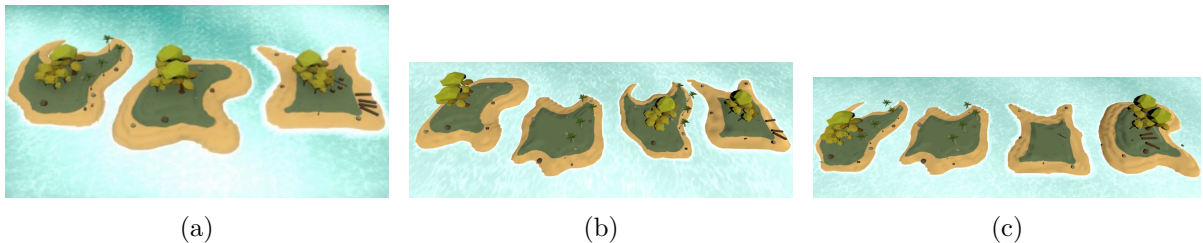


Figura 26 – Níveis do jogo: (a) Nível 1 (b) Nível 2 (c) Nível 3

Com uma quantidade maior de níveis pode-se utilizar do aprendizado por reforço como características para o aprendizado, alterando poucas coisas de uma fase para outra.

Por fim, em relação às mecânicas do jogo, os náufragos podem realizar ações de:

- movimentação dentro de sua ilha;
- segurar os recursos (faca, corda, etc) e usá-los;
- colocar os recursos em caixas, e retirá-los;
- arremessar caixas de uma ilha para outra;

- coletar recursos, e
- construir a embarcação.

A Figura 27 abaixo representa as movimentações de andar do náufrago, colocar os recursos na caixa, cortar árvore e arremessar caixa.

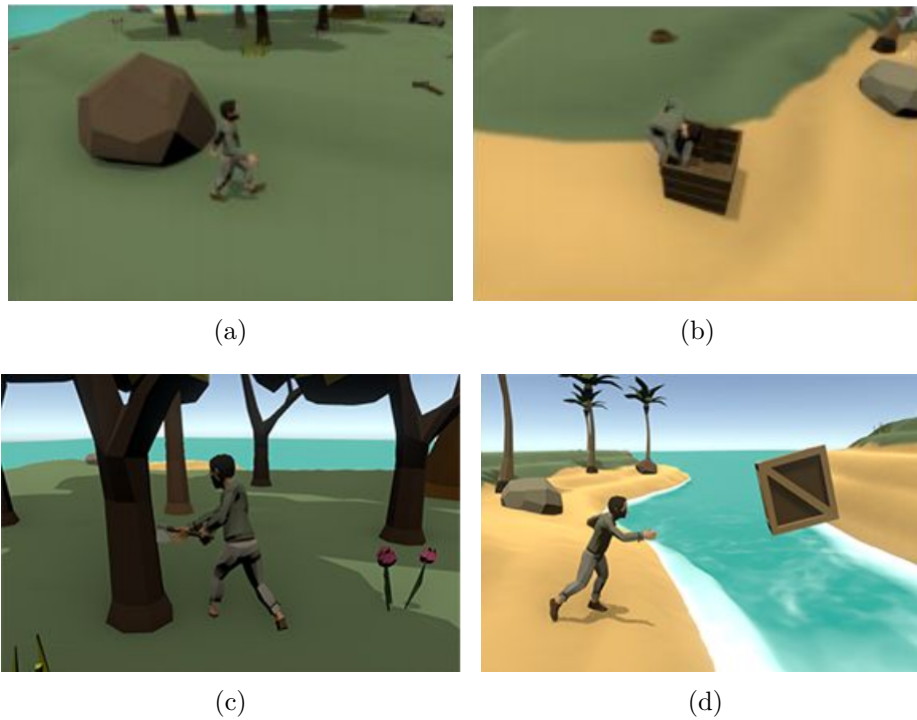


Figura 27 – Mecânicas do jogo: (a) Movimentação do náufrago (b) Encaixotando recursos (c) Cortando árvores (d) Arremessando caixas

A relação dos componentes e a implementação destes no jogo pode ser vista na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Componentes aplicados no jogo *CastAway*

<b>Componentes</b>	<b>Aplicação no <i>CastAways</i></b>	<b>Base pedagógica</b>
<i>Feedback</i>	Mensagens para as ações do usuário	Estímulos positivos e negativos para as ações do usuário Análise crítica das ações efetuadas de acordo com as mensagens
Continua na próxima página		

Tabela 5 - Continuação

<b>Componentes</b>	<b>Aplicação no <i>CastAways</i></b>	<b>Base pedagógica</b>
Desafios	Fase bônus se resolver o nível em um tempo mínimo pré determinado	Desafios de acordo com a evolução do jogador, favorecendo a Teoria do Fluxo
Recompensas, penalidades e pontuações	Pontuação aplicada internamente com dois níveis extras caso as fases sejam resolvidas em um tempo pré determinado e de forma correta	Aprendizagem por reforço por meio das recompensas e penalidades Avaliação das ações do usuário por meio das recompensas, penalidades e pontuações
Habilidades do jogador	Evolução da habilidade de arremessar as caixas para ilhas mais distantes	Mantém jogador no Fluxo do Aprendizado conforme suas habilidades evoluem Aprendizagem que faz sentido conforme evolução própria
Cooperação e competição	Evolução da habilidade de arremessar as caixas para ilhas mais distantes	Aprendizado colaborativo Aprende transmitindo o conhecimento e auxiliando outros jogadores
Estética	Evolução da habilidade de arremessar as caixas para ilhas mais distantes	Gráficos e sons que visam favorecer a imersão do jogador, e conseqüentemente o aprendizado
Continua na próxima página		

Tabela 5 - Continuação

Componentes	Aplicação no <i>CastAways</i>	Base pedagógica
História e narrativa	Náufragos perdidos em ilhas, que precisam construir uma embarcação utilizando os recursos das ilhas de forma compartilhada	História envolvente visando favorecer a imersão e o aprendizado. Criação de metáfora entre o conteúdo pedagógico e a história/narrativa.
Recursos	Recursos como os objetos que o personagem controla e arremessa de uma ilha para outra	Avaliação dos recursos disponíveis por meio da aprendizagem baseada em resolução de problemas
Tempo	Utilizado para mensurar o entendimento da estrutura do nível	Avaliação do tempo necessário para passar de fase representando a dificuldade do aprendizado dos conceitos do jogo
Níveis	Estruturado em 3 níveis, com nível crescente de dificuldade	Aprendizagem por reforço conforme os níveis avançam e aumentam de dificuldade
Mecânica do jogo	Segurar, lançar e coletar recursos como faca e corda, se movimentar dentro da ilha, construir a embarcação	Compreender, aplicar, analisar sintetizar e avaliar o conhecimento

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho propõe diretrizes pedagógicas para desenvolvimento de jogos educacionais com base nos componentes dos jogos. Para atingir este objetivo são levantados os conceitos relacionados aos jogos educativos, características das metodologias de desenvolvimento de jogos, e de jogos educativos. A partir destas características foram levantados os componentes principais dos jogos, e para cada componente é analisado a base pedagógica e a relação destes componentes com o aprendizado;

A partir desta análise, as diretrizes para desenvolvimento de jogos educacionais foi elaborado, visando auxiliar o desenvolvimento de jogos educativos efetivos, que incorporem elementos lúdicos, e utilizam os componentes lúdicos do jogo como recursos pedagógicos.

Como forma de mostrar a aplicação destas diretrizes de desenvolvimento, um jogo focado na área de Linguagens Formais e Autômatos foi desenvolvido, e as diretrizes foram utilizadas como base para o desenvolvimento do jogo, e os resultados são apresentados neste trabalho.

A utilização de jogos como ferramentas de ensino visa aumentar a compreensão do conteúdo pelos alunos, visando promover atividades lúdicas e divertidas como metodologia de ensino.

O uso de jogos como ferramenta de ensino é um elemento motivacional para os alunos da área da Computação, que apresenta altos índices de evasão e de reprovação. A área ainda sofre com a carência de profissionais no mercado de trabalho. Isto se deve ao fato do uso da tecnologia estar cada vez mais frequente em todos os setores da sociedade.

Em relação ao jogo em si, trata-se de uma solução lúdica, baseada na resolução de problemas, que ainda terá mais fases a serem desenvolvidas, necessitando ainda de uma avaliação por parte dos alunos, de acordo com metodologias de avaliação de jogos educativos.

Como próximos passos, além de adicionar novas fases e novos níveis, projeta-se a realização da validação da efetividade do jogo com alunos matriculados na matéria relacionada ao conteúdo do jogo, e também com alunos que já concluíram a matéria. A partir desta avaliação espera-se também o *feedback* de alunos sobre as mecânicas e componentes do jogo, possibilitando alterações e modificações no jogo em si.

Espera-se também adicionar novos componentes tais como conflitos, estratégia, tema, aleatoriedade, entre outros, além de analisar outras bases pedagógicas e outros conceitos de aprendizagem voltados para jogos educativos, incorporando e aprimorando

as diretrizes desenvolvidas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] JIMÉNEZ, S. Canvas: Game on. *Lab. Retrieved on*, p. 06–07, 2015.
- [2] CAREY, R. Game design canvas. In: *Serious Play Conference, Pittsburgh, PA*. [S.l.: s.n.], 2015.
- [3] CARVALHO, T. *Game Design Canvas*. 2014. Acessado em dezembro de 2020. Disponível em: <<http://www.marketingegames.com.br/game-design-canvas/>>.
- [4] STAR, K.; VUILLIER, L.; DETERDING, S. *D2. 6 Prosocial Game design methodology*. [S.l.]: Technical Report, Prosocial Learn, 2016.
- [5] SARINHO, V. T. Uma proposta de game design canvas unificado. *XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, 2017.
- [6] HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. Mda: A formal approach to game design and game research. *AAAI Workshop - Technical Report*, v. 1, 01 2004.
- [7] ZAFFARI, G.; BATTAIOLA, A. Mapeamento do mda e habilidades do jogador no gráfico da teoria do fluxo. In: *11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 362–373.
- [8] MELERO, J.; DAVINIA, H.-L. A model for the design of puzzle-based games including virtual and physical objects. *Educational Technology Society*, v. 17, p. 192–207, 08 2014.
- [9] ALCOVER, E. A.; CAPÓ, A. Jaume-i; MOYÀ-ALCOVER, B. Progame: A process framework for serious game development for motor rehabilitation therapy. *PLOS ONE*, Public Library of Science, v. 13, n. 5, p. 1–18, 05 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197383>>.
- [10] ROCHA, R. V. d.; ARAUJO, R. B. d. Metodologia de design de jogos sérios para treinamento: Ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção. *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2013)*, p. 1–10, 2013.
- [11] LIM, T. et al. The lm-gm framework for serious games analysis. *Retrieved October*, Citeseer, v. 3, p. 2015, 2015.
- [12] PARASKEVA, F.; MYSIRLAKI, S.; PAPAGIANNI, A. Multiplayer online games as educational tools: Facing new challenges in learning. *Computers & Education*, Elsevier, v. 54, n. 2, p. 498–505, 2010.
- [13] BOUROUMANE, F.; SAAIDI, A.; ABARKAN, M. Pedagogical efficiency at the ludic level of a serious game. In: IEEE. *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*. [S.l.], 2020. p. 1–6.
- [14] WU, W.-H. et al. Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. *Computers & Education*, Elsevier, v. 59, n. 4, p. 1153–1161, 2012.

- [15] VIEIRA, N. *Introdução aos fundamentos da computação: linguagens e máquinas*. Pioneira Thomson Learning, 2006. ISBN 9788522105083. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=62ieMQAACAAJ>>.
- [16] MENEZES, P. *Linguagens Formais e Autômatos: Volume 3 da Série Livros Didáticos Informática UFRGS*. Bookman Editora, 2009. ISBN 9788577807994. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=OEBJ5ga7nvUC>>.
- [17] MAPEAMENTO mostra aumento do consumo de mídia online no Brasil durante a quarentena. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/midia-e-marketing/noticia/2020/04/16/mapeamento-mostra-aumenta-consumo-de-midia-online-no-brasil-durante-a-quarentena.ghtml>>. Acesso em: 21.6.2020.
- [18] THE Virus Changed the Way We Internet. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/07/technology/coronavirus-internet-use.html>>. Acesso em: 21.6.2020.
- [19] AMERICANOS passam 45 por cento mais tempo jogando games durante pandemia de coronavírus. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pop-arte/games/noticia/2020/04/06/americanos-passam-45percent-mais-tempo-jogando-games-durante-pandemia-de-coronavirus.ghtml>>. Acesso em: 21.6.2020.
- [20] GAMING Sales Are Up, but Production Is Down. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2020/04/21/technology/personaltech/coronavirus-video-game-production.html>>. Acesso em: 21.6.2020.
- [21] COUTINHO, I. de J. *Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo*. Tese (Doutorado) — Universidade do Estado da Bahia, Salvador - BA, 2017.
- [22] MCGONIGAL, J. *A realidade em jogo: por que os games nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo*. Brasil: BestSeller, 2012.
- [23] CARR, D. et al. *Computer Games: Text, Narrative and Play*. Wiley, 2006. ISBN 9780745634012. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=WSp7uW75TrYC>>.
- [24] BLUMBERG, F. et al. The impact of recreational video game play on children's and adolescents' cognition. *New directions for child and adolescent development*, v. 2013, 03 2013.
- [25] FREITAS, S. de. Are games effective learning tools? a review of educational games. *journal of Educational Technology and Society*, v. 21, p. 74–84, 2018.
- [26] PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/default.asp>>.
- [27] RAMOS, D. K.; ROCHA, N. L. d. Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar. *Revista Psicopedagogia, scieloepsic*, v. 33, p. 133 – 143, 00 2016. ISSN 0103-8486.

- [28] QUEST to Learn (Q2L) - Middle School and High School. Disponível em: <<https://www.q2l.org/>>. Acesso em: 21.6.2020.
- [29] SALEN, K. et al. *Quest to Learn: Developing the School for Digital Kids*. [S.l.: s.n.], 2011.
- [30] BATTISTELLA, P. E.; WANGENHEIM, C. G. von. Games for teaching computing in higher education – a systematic review. In: *IEEE Technology and Engineering Education*. [S.l.: s.n.], 2016. v. 1, p. 8–30.
- [31] MONCLAR, R.; ARÊAS, M.; XEXÉO, G. Jogos com propósito para o ensino de programação. In: *XVII SBGames Simpósio Brasileiro de Jogos*. [S.l.: s.n.], 2018.
- [32] BRITO, L. F. de et al. Desenvolvimento e avaliação do nutrikids: Um jogo educacional sobre conhecimento nutricional e prevenção da obesidade. *XVIII SBGames Simpósio Brasileiro de Jogos*, 2019.
- [33] CLEMES, A. et al. Avaliação de um jogo educativo sobre hábitos alimentares saudáveis e higiene bucal. *XVII SBGames Simpósio Brasileiro de Jogos*, 2018.
- [34] KNIHS, E.; RODRIGUES, B. D. S.; MARTINS, V. Use of games for teaching programming: Experience report. In: *2019 XLV Latin American Computing Conference (CLEI)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–8.
- [35] CARNEIRO, N. et al. Net.aura: Design e aplicação de um jogo de realidade aumentada no ensino de redes de computadores. In: *XVII SBGames - Proceedings of SBGames (Simpósio Brasileiro de Jogos)*. [S.l.: s.n.], 2018.
- [36] SOUZA, A. Diniz de et al. Scrumi: A board serious virtual game for teaching the scrum framework. In: *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering Companion (ICSE-C)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 319–321.
- [37] SUNÍKOVA, D.; KUBINCOVA, Z.; BYRTUS, M. A mobile game to teach avl trees. In: *2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 541–544.
- [38] STIGALL, J.; SHARMA, S. Usability and learning effectiveness of game-themed instructional (gti) module for teaching stacks and queues. In: *SoutheastCon 2018*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–6.
- [39] VIEIRA, M.; SARINHO, V. Automatamind: A serious game proposal for the automata theory learning. In: *IFIP International Federation for Information Processing*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 452–455. ISBN 978-3-030-34643-0.
- [40] SILVA, R. C. et al. Automata defense 2.0: reedição de um jogo educacional para apoio em linguagens formais e autômatos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2010. v. 1, n. 1.
- [41] BINSFELD, R. L. et al. Alunos como designers: relato de experiência para aprendizagem de linguagens formais e autômatos. In: *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*. [S.l.: s.n.].

- [42] LEITE, L. S. et al. Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação. In: *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1364–1373.
- [43] VIEIRA, M.; SARINHO, V. Máquina de senhas: um jogo digital para o aprendizado da teoria dos autômatos. In: *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2019. p. 54–59. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8954>>.
- [44] MARKLUND, B. B.; BACKLUND, P.; ENGSTROM, H. The practicalities of educational games: Challenges of taking games into formal educational settings. In: IEEE. *2014 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*. [S.l.], 2014. p. 1–8.
- [45] CLUA, E. W. G.; BITTENCOURT, J. R. Uma nova concepção para a criação de jogos educativos. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, v. 36, 2004.
- [46] MEFTAH, C. et al. Evaluation of user experience in the context of mobile serious game. In: *2019 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Computing Sciences (ISACS)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–5.
- [47] HOFFMANN, G.; MATYSIAK, L. Exploring game design for the financial education of millenials. In: *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–2.
- [48] MRTVI, V. d. O. et al. Jogos de Empresas: Abordagens ao Fenômeno, Perspectivas Teóricas e Metodológicas. *Revista de Administração Contemporânea*, scielo, v. 21, p. 19 – 40, 02 2017. ISSN 1415-6555. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-65552017000100019&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552017000100019&nrm=iso)>.
- [49] SCHREIBER, D. et al. No jogo do mercado: o caso de uma startup gaúcha. *REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, scielo, v. 22, p. 543 – 571, 08 2016. ISSN 1413-2311. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-23112016000200543&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-23112016000200543&nrm=iso)>.
- [50] GACE, I. et al. Virtual reality serious game prototype for presenting military units. In: *2019 15th International Conference on Telecommunications (ConTEL)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.
- [51] BIAGI, F.; LOI, M. Measuring ict use and learning outcomes: evidence from recent econometric studies. *European Journal of Education*, v. 48, n. 1, p. 28–42, 2013. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejed.12016>>.
- [52] ALI, K.; KALYAN, V.; KUMAR, K. A. Design and implementation of ludo game using automata theory. In: *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.
- [53] PETRI, G.; WANGENHEIM, C. von; BORGATTO, A. Evolução de um modelo de avaliação de jogos para o ensino de computação. In: *Anais do XXV Workshop sobre Educação em Computação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2017. ISSN 2595-6175.

- [54] MARTINS, V. F.; CONCILIO, I. de A. S.; GUIMARÃES, M. de P. Problem based learning associated to the development of games for programming teaching. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 26, n. 5, p. 1577–1589, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.21968>>.
- [55] SOUZA, M.; FRANÇA, C. O sucesso dos jogos para ensino de disciplinas de engenharia de software sob a Ótica de uma teoria motivacional. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2016. v. 27, n. 1.
- [56] VIVIAN, R.; FALKNER, K. E.; FALKNER, N. J. G. Computer science students' causal attributions for successful and unsuccessful outcomes in programming assignments. In: *Koli Calling '13*. [S.l.: s.n.], 2013.
- [57] LEWIS, M.; JACOBSON, J. Game engines in scientific research. *Communications of the ACM*, v. 45, p. 27–31, 01 2002.
- [58] KREIMEIER, B. Game design methods: A 2003 survey. *Gamasutra, URL (consulted April 2003)*: <http://www.gamasutra.com/features>, 2003.
- [59] COSTIKYAN, G. I have no words and i must design. interactive fantasy# 2. *British roleplaying journal*, 1994.
- [60] CHURCH, D. Formal abstract design tools. gamasutra. Available on [http://www.gamasutra.com/view/feature/3357/formal\\_abstract\\_design\\_tools.php](http://www.gamasutra.com/view/feature/3357/formal_abstract_design_tools.php), v. 9, n. 11, p. 2012, 1999.
- [61] BJÖRK, S.; HOLOPAINEN, J. Games and design patterns. *The game design reader*, p. 410–437, 2006.
- [62] JÄRVINEN, A. *Games without frontiers: Theories and methods for game studies and design*. [S.l.]: Tampere University Press, 2008.
- [63] MELONIO, A. *Participatory game design and children*. Tese (Doutorado) — Ph. D. thesis, Free University of Bozen-Bolzano, Bolzano, 2016.
- [64] SICART, M. Defining game mechanics. *Game Studies*, v. 8, n. 2, p. n, 2008.
- [65] DEMACHY, T. Extreme game development: Right on time, every time. *Retrieved April*, v. 2, p. 2006, 2003.
- [66] CLASSE, T. M. de et al. Play your process-uma método de design de jogos digitais baseados em modelos de processos de negócio. In: SBC. *Anais Estendidos do XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*. [S.l.], 2020. p. 142–157.
- [67] CSIKSZENTMIHALYI, M. et al. *Flow*. [S.l.]: New York: Harper & Row, 1990.
- [68] Alevel, V. et al. Toward a framework for the analysis and design of educational games. In: *2010 Third IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 69–76.
- [69] PEREIRA, W. S.; CYSNEIROS, G.; AGUIAR, Y. P. C. Diretrizes para o desenvolvimento de serious games: Um mapeamento sistemático da literatura. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 30, n. 1, p. 714.

- [70] ECK, R. V. Digital game based learning it's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE*, v. 41, 01 2006.
- [71] DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.*, v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/misq/misq13.html#Davis89>>.
- [72] COX, K.; BITTENCOURT, R. Estudo bibliográfico sobre o processo de construção de jogos digitais: A necessidade de sinergia entre o educar e o divertir. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 25, p. 16, 04 2017.
- [73] GUILLÉN-NIETO, V.; ALESON-CARBONELL, M. Serious games and learning effectiveness: The case of it's a deal! *Computers & Education*, Elsevier, v. 58, n. 1, p. 435–448, 2012.
- [74] PATINO, A.; ROMERO, M.; PROULX, J.-N. Analysis of game and learning mechanics according to the learning theories. In: IEEE. *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*. [S.l.], 2016. p. 1–4.
- [75] PINTO, A. M. As novas tecnologias e a educação. *Anped Sul*, v. 6, p. 1–7, 2004.
- [76] CASTRO, R. M. de; LANZI, L. A. C. O futuro da escola e as tecnologias: alguns aspectos à luz do diálogo entre paulo freire e seymour papert. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, p. 1496–1510, 2017.
- [77] PAPERT, S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. [S.l.]: Basic Books, 1981. ISBN 0465046274.
- [78] CASTAÑON, G. A. O que é construtivismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 1, n. 2, p. 209–242, 2015.
- [79] PIAGET, J.; VASQUES, R. *A construção do real na criança*. Editora Atica, 1996. (Fundamentos: Ed. Atica). ISBN 9788508061259. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=zd\\\_xAAAACAAJ](https://books.google.com.br/books?id=zd\_xAAAACAAJ)>.
- [80] PIAGET, J.; BRAGA, I. *Para onde vai a educação?* J. Olympio, 2011. ISBN 9788503010870. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=vktrPwAACAAJ>>.
- [81] SANCHIS, I. de P.; MAHFOUD, M. Construtivismo: desdobramentos teóricos e no campo da educação. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 4, n. 1, p. 18–33, 2010.
- [82] ALMEIDA, A. P. de et al. Comparação entre as teorias da aprendizagem de skinner e bandura. In: *Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT - ALAGOAS - v. 1, n. 3 (2013)*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 1, n. n. 3.
- [83] SMITH, L.; WOODWARD, W. B. F. *Skinner and behaviorism in American culture*. [S.l.: s.n.], 1996. v. 34.
- [84] MOREIRA, M. *Aprendizagem Significativa: A Teoria e Textos Complementares*. LIVRARIA DA FISICA. ISBN 9788578611118. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=MCBGuAAACAAJ>>.

- [85] MOREIRA, M.; MASINI, E. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Centauro, 2002. ISBN 9788588208247. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=1k1TPwAACAAJ>>.
- [86] AUSUBEL, D. *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston, 1968. ISBN 9780030696404. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=HINpAAAAMAAJ>>.
- [87] HOPCROFT, J.; ULLMAN, J.; MOTWANI, R. *Introdução à Teoria De Autômatos, Linguagens E Computação*. Elsevier Editora, 2002. ISBN 9788535210729. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=jTKQPgAACAAJ>>.
- [88] SIPSER, M. *Introdução à Teoria da Computação - 2a edição norte americana*. Cengage Learning Edições Ltda., 2010. ISBN 9788522108862. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=dLLqnQAACAAJ>>.
- [89] SKINNER, B. *About Behaviorism*. Vintage Books, 1976. (Vintage books). ISBN 9780394716183. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=Ndx7awW\\\_1OcC](https://books.google.com.br/books?id=Ndx7awW\_1OcC)>.
- [90] IEEE Xplore. 2020. Acessado em novembro de 2020. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>>.
- [91] GOOGLE Acadêmico. 2020. Acessado em novembro de 2020. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>>.
- [92] SCIELO - Scientific Electronic Library Online. 2020. Acessado em novembro de 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.org/>>.
- [93] SCIENCE Direct. 2020. Acessado em novembro de 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/>>.
- [94] NOVAK, J. *Desenvolvimento De Games*. Cengage do Brasil, 2010. ISBN 9788522106325. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=QNKpcQAACAAJ>>.
- [95] BROECKHOVEN, F. V.; Vlieghe, J.; TROYER, O. D. Mapping between pedagogical design strategies and serious game narratives. In: IEEE. *2015 7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games)*. [S.l.], 2015. p. 1–8.
- [96] REICHART, B.; BRUEGGE, B. Social interaction patterns for learning in serious games. In: *Proceedings of the 19th European Conference on Pattern Languages of Programs*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (EuroPLoP '14). ISBN 9781450334167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2721956.2721985>>.
- [97] CORNILLIE, F.; CLAREBOUT, G.; DESMET, P. The role of feedback in foreign language learning through digital role playing games. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 34, p. 49–53, 2012.
- [98] FERRAZ, A. P. d. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, SciELO Brasil, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010.

- [99] HOWARD-JONES, P. A.; JAY, T. Reward, learning and games. *Current opinion in behavioral sciences*, Elsevier, v. 10, p. 65–72, 2016.
- [100] PAPERT, S. et al. *A família em rede: ultrapassando a barreira digital entre gerações*. RELOGIO D'AGUA. ISBN 9789727083640. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=BkrGSAAACAAJ>>.
- [101] FABRICATORE, C. Learning and videogames: An unexploited synergy. *International Conference of the Association for Educational Communications and Technology*, Farmington Hills: Learning Development Institute, 2000.
- [102] SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 6, n. 1, 2008.
- [103] ENTERTAINMENT Software Rating Board. 2020. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://www.esrb.org/>>.
- [104] PLATAFORMA de Desenvolvimento em Tempo Real do Unity. 2020. Acessado em novembro de 2020. Disponível em: <<https://unity.com/pt>>.
- [105] 99SOUNDS: Sound Effects for everyone. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://99sounds.org/>>.
- [106] CRAFTPIX: Free 2D game assetes. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://craftpix.net/>>.
- [107] FREESOUND: Download and share sound. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://freesound.org/>>.
- [108] GAMEART2D: Free assets for everyone. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://www.gameart2d.com/>>.
- [109] ITCH.IO: Free Game Assets. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://itch.io/>>.
- [110] NOISEFORFUN: Original Designed Sound Effects for Free Download. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <<https://www.noiseforfun.com/>>.

## TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR

Trabalhos publicados pelo autor durante o programa.

1. CAMPANO JUNIOR, M. M. ; SOUZA, H. C.; FELINTO, A. S. Avaliação Pedagógica com Base na União dos Componentes dos Jogos Educacionais e das Teorias de Aprendizagem. In Simpósio Brasileiro de Jogos (SBGames 2020), Recife, PE, Brasil. 2020
2. CAMPANO JUNIOR, M. M. ; FARIA, C. R. E. ; BARBOSA, C. R. S. C. ; FELINTO, A. S. . Um merge entre Máquina de Turing e Operações Matemáticas em Binário no Ensino de Linguagens Formais e Autômatos. In: XXIV Congresso Internacional de Informática Educativa, 2019, Arequipa, Perú. TISE 2019, 2019.
3. FARIA, C. R. E. ; CAMPANO JUNIOR, M. M. ; BARBOSA, C. R. S. C. . Sistema de Apoio à Decisão por PLN para Consultas de Pragas na Cultura da Soja. In: 46o Seminário Integrado de Software e Hardware do XXXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2019, Belém. 46o SEMISH - CSBC 2019, 2019.
4. FARIA, C. R. E. ; CAMPANO JUNIOR, M. M. ; BARBOSA, C. R. S. C. . Ferramenta para o auxílio no ensino-aprendizagem de pragas na cultura da soja. In: XXIII Conferência Internacional sobre Informática na Educação, 2018, Brasília. TISE 2018, 2018.