

Ramon Venson

**UTILIZAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS NO APOIO DA FIXAÇÃO DE
CONHECIMENTOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Roderval Marcelino

Araranguá, SC
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC

Venson, Ramon

Utilização de jogos sérios no apoio da fixação de conhecimentos em sistemas fotovoltaicos / Ramon Venson ; orientador, Prof. Dr. Roderval Marcelino, 2018.

153 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2018.

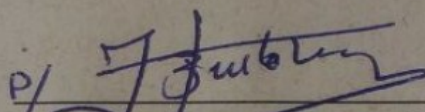
Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Jogos Sérios. 3. Sistemas Fotovoltaicos. 4. Mecânicas de Aprendizado - Mecânicas de Jogo. I. Marcelino, Prof. Dr. Roderval. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

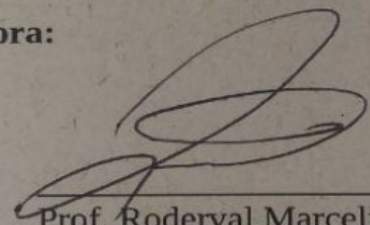
UTILIZAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS NO APOIO DA FIXAÇÃO DE CONHECIMENTOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

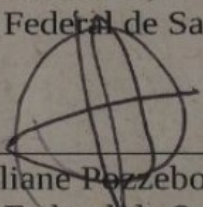
Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de
"Mestre" e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-
Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação

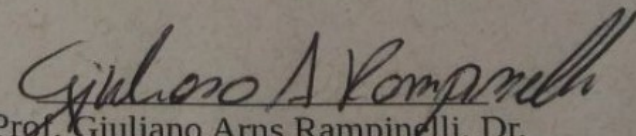
Araranguá, 05 de Dezembro de 2018.


Prof.ª Andrea Cristina Trierweiler, Dr.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof. Roderval Marcelino, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.ª Eliane Pozzebon, Dr.ª
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus professores. Especialmente
meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Roderval Marcelino, pelo apoio irrestrito durante toda a pesquisa e pelas palavras de incentivo que motivaram-me no percurso de todo mestrado. Muito obrigado pela confiança e pelo aprendizado concedido.

Aos professores e estudantes do curso de Engenharia de Energia da UFSC por disponibilizarem seu tempo e atenção na avaliação do jogo sério desenvolvido.

Aos contribuidores técnicos do jogo: Alisson Fogaça, Jeison Pandini, Rafael Setubal e William Bertan. Muito obrigado pelos testes, dicas e *bugs* encontrados no *Phototype*.

À minha família, especialmente minha mãe e minhas irmãs, pelo carinho, conselhos e, principalmente, pela compreensão durante as fases mais difíceis desta caminhada. Ao meu pai, *in memorian*, que me ensinou os valores mais importantes que carrego hoje e para toda a vida.

Aos meus amigos, os de longe e os de perto, pela companhia e conversas divertidas. Saibam que todo amparo e incentivo foram essenciais e sou muito grato por ter a amizade de vocês.

Ao meu grande amigo Karillo Saraiva, que descansou seu espírito neste ano. Obrigado pelo seu tempo aqui, amigo.

Por fim, a todos os trabalhadores que de alguma forma contribuíram para a construção desta pesquisa, direta ou indiretamente.

Meus sinceros agradecimentos.

“Seja curioso. Leia muito. Experimente coisas novas. Eu acho que muito do que as pessoas chamam de inteligência se resume apenas a curiosidade”
(Aaron Swartz)

RESUMO

O uso de novas tecnologias da informação tem sido observado por diversas experiências na área educacional com resultados positivos, valorizando seu emprego como alternativa às formas tradicionais de ensino. A área da engenharia, de importante papel estratégico para o desenvolvimento econômico e social, enfrenta desafios para atrair e capacitar profissionais. Com o crescimento da participação da geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos no abastecimento mundial, faz-se importante compreender os efeitos de novas tecnologias no processo de treinamento de profissionais nesta área. Uma nova tecnologia da informação que tem ganho destaque no campo educacional são os chamados Jogos Sérios, aplicações que buscam aliar o entretenimento habitual dos jogos digitais a processos como o de ensino, treinamento, propaganda e comunicação. O mercado deste tipo de ferramenta deve expandir nos próximos anos dado uma maior busca das empresas pela digitalização e adoção de realidade virtual no processo de treinamento e engajamento dos funcionários. Esta dissertação possui como proposta identificar características da utilização de um jogo sério no processo de ensino-aprendizagem de sistemas fotovoltaicos. Para isso foram selecionadas, por meio de pesquisa bibliográfica, metodologias para o desenvolvimento de jogos sérios e conteúdos relevantes explorados pela disciplina de Energia Solar Fotovoltaica. O jogo *Phototype* foi desenvolvido a partir do modelo *Learning Mechanics – Game Mechanics* e seu enredo elaborado por meio do *Heuristic Framework*, tendo sido implementado por meio do motor de jogos Unity®. Sua avaliação foi feita por estudantes do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina por meio da utilização do jogo e posterior preenchimento de um questionário desenvolvido em escala *Likert* para identificar a percepção dos estudantes à usabilidade e às mecânicas de jogo e de aprendizado aplicadas pelo jogo sério. Os resultados desta avaliação indicaram que a maioria dos estudantes concordou com a utilização de jogos sérios no contexto da disciplina. O experimento realizado neste trabalho demonstra um caso de sucesso no engajamento de estudantes em conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos, indicando que ferramentas deste tipo podem ser utilizadas para fortalecer o processo de ensino-aprendizagem e o engajamento de estudantes, ainda que de forma controlada e com públicos específicos.

Palavras-chave: Jogos Sérios. Sistemas Fotovoltaicos. Mecânicas de Aprendizado – Mecânicas de Jogo.

ABSTRACT

The use of new information technologies has been observed by several educational experiences with positive results, valuing their employment as alternatives to traditional education forms. The engineering area, an important strategic role for economic and social development, faces challenges to attract and instruct professionals. With the increase of the participation of the photovoltaic systems in energy generation, it is important to understand the effects of new technologies in the process of training professionals in this area. A new information technology that has gained prominence in the educational field are the Serious Games, applications that seek to combine the usual entertainment of digital games with processes such as teaching, training, advertising and communication. The market for this type of tool should expand in the coming years due to a greater search of the companies for the digitalization and adoption of virtual reality in the process of training and employee engagement. This dissertation aims to identify characteristics of the use of a serious game in the teaching-learning of photovoltaic systems process. To this end, methodologies for the development of serious games and relevant contents explored by the Photovoltaic Solar Energy class were selected through bibliographic research. A game called Phototype was developed from the Learning Mechanics – Game Mechanics model and its plot elaborated through the Heuristic Framework, having been implemented through the Unity® game engine. The evaluation was made by students of the Energy Engineering course in the Universidade Federal de Santa Catarina through the use of the game and the subsequent completion of a survey developed on a Likert scale to identify the students' perception of the usability and the game and learning mechanics applied by the serious game. The results of this evaluation indicated that the majority of students agreed with the use of serious games in the context of the Photovoltaic Systems class. The experiment carried out in this work demonstrates a successful case of students engaging in contents related to photovoltaic systems, indicating that tools of this type can be used to strengthen the teaching-learning process and student engagement, even though in a controlled manner and with specific audiences.

Keywords: Serious Games. Photovoltaic Systems. Learning Mechanics – Game Mechanics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Definição de Jogo Sérió.....	37
Figura 2 - Relação entre Mecânicas de Aprendizado e de Jogo.....	44
Figura 3 - Potência de energia solar instalada globalmente.....	48
Figura 4 - Média anual da irradiação global horizontal no Brasil.....	50
Figura 5 - Associação de células em série.....	52
Figura 6 - Associação de células em paralelo.....	53
Figura 7 - Componentes de um módulo fotovoltaico.....	54
Figura 8 - Configuração Básica de um SFI.....	55
Figura 9 - Configuração Básica de um SFCR.....	56
Figura 10 - Interface da plataforma online.....	60
Figura 11 - Mundo virtual e componentes adicionados por Lumen.....	62
Figura 12 - Mundo virtual de <i>Engineering Education Island</i>	63
Figura 13 - Desafios apresentados pelo jogo virtual.....	64
Figura 14 - Aparência geral da tela de perguntas e respostas.....	66
Figura 15 - Projeto do jogo <i>Genius</i> na plataforma <i>Arduino</i>	67
Figura 16 - Interface do jogo <i>Circuit War Z</i>	69
Figura 17 - Ambiente virtual do jogo <i>Digital Lockdown</i>	70
Figura 18 - Tela de jogo da simulação da missão <i>Apollo</i>	71
Figura 19 - Implementação do Core Loop.....	76
Figura 20 - Principais elementos do jogo <i>Phototype</i>	83
Figura 21: Configuração do painel fotovoltaico no jogo <i>Phototype</i>	85
Figura 22 - Tela de pergunta da Maleta de Energia no jogo <i>Phototype</i> ..	86
Figura 23 - Aplicação do jogo em laboratório.....	92
Figura 24 - Questão 01.....	96
Figura 25 - Questão 02.....	96
Figura 26 - Questão 03.....	97
Figura 27 - Questão 04.....	98
Figura 28 - Questão 05.....	98
Figura 29 - Questão 06.....	99
Figura 30 - Questão 07.....	100
Figura 31 - Questão 08.....	100
Figura 32 - Questão 09.....	101
Figura 33 - Questão 10.....	102
Figura 34 - Questão 11.....	103
Figura 35 - Questão 12.....	103
Figura 36 - Questão 13.....	104
Figura 37 - Questão 14.....	105
Figura 38 - Gráfico de Respostas no Quiz.....	109
Figura 39 - Gráfico da escolha do modo de jogo.....	110
Figura 40 - Gráfico de preferência dos cenários.....	110

Figura 41 - Conclusão de Objetivos (Sala de Controle).....	111
Figura 42 - Conclusão de Objetivos (Brasil).....	112
Figura 43 - Conclusão de Objetivos (Irlanda do Norte).....	113
Figura 44 - Conclusão de Objetivos (Área 25).....	113
Figura 45 - Conclusão dos Objetivos (Desafio Final).....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Taxonomia CSG.....	38
Quadro 2 - Lista de Mecânicas de Aprendizado e de Jogo.....	44
Quadro 3 - Características Metodológicas.....	72
Quadro 4 - Implementação do <i>Heuristic Framework</i>	73
Quadro 5 - Mecânicas de Jogo.....	77
Quadro 6 - Mecânicas de Aprendizado.....	79
Quadro 7 - Definição do LM-GM.....	81
Quadro 8 - Características dos Participantes.....	87
Quadro 9 - Características da avaliação.....	88
Quadro 10 - Eventos coletados pelo Game Analytics®.....	91
Quadro 11 - Perfil demográfico da pesquisa.....	95
Quadro 12 - Comentários dos Participantes.....	105
Quadro 13 - Eventos registrados.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BGE – Blender Game Engine

CSG – Comprehensive Serious Games

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

GDD – Game Document Design

HTML5 – HyperText Marker Language 5

JSON - JavaScript Object Notation

LM-GM – Learning Mechanics – Game Mechanics

PPGTIC – Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação

PPGTIC – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação

RPG – Role Playing Game

SDK – Software Development Kit

SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica

SFI – Sistemas Fotovoltaicos Isolados

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 Apresentação do Problema.....	25
1.1 OBJETIVOS.....	27
1.1.1 Objetivo geral.....	27
1.1.2 Objetivos específicos.....	28
1.2 Justificativa.....	28
1.3 Escopo do Trabalho.....	29
1.4 Aderência ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação.....	30
1.5 Metodologia.....	30
1.6 Estrutura do Trabalho.....	31
2 Jogos Sérios.....	33
2.1 Jogos Digitais e Ambientes Virtuais.....	33
2.2 Gêneros de Jogos Digitais.....	34
2.3 Definição de Jogos Sérios.....	36
2.4 Taxonomia de Jogos Sérios.....	38
2.5 Enredo.....	42
2.6 Metodologias e Modelos para Jogos Sérios.....	43
2.7 Tecnologias Computacionais para Jogos Sérios.....	45
3 Energia Solar Fotovoltaica.....	48
3.1 Potencial Solar.....	49
3.2 Geração de Energia Solar Fotovoltaica.....	51
3.2.1 Associação de Células.....	51
3.2.2 Módulo Fotovoltaico.....	53
3.2.3 Sistemas Fotovoltaicos.....	54
3.3 Educação em Sistemas Fotovoltaicos.....	57
4 Estado da Arte.....	59
4.1 Pesquisas sobre Jogos Sérios e Engenharias.....	59
4.1.1 Chasing higher solar cell efficiencies: Engaging students in learning how solar cells are manufactured, 2015.....	59

4.1.2 Lumen: Educating youngsters about energy, using Minecraft, 2016.....	60
4.1.3 Acceleration of reinforcement learning via game-based renewal energy management system, 2014.....	62
4.1.4 Using Game-Based Learning in Virtual Worlds to Teach Electronic and Electrical Engineering, 2013.....	63
4.1.5 Game-based learning using a 3D virtual world in computer engineering education, 2017.....	64
4.1.6 Skill development in the wind energy sector: A serious game development approach, 2017.....	65
4.1.7 Proposta de Serious Games aplicado ao ensino de eletricidade básica: O Jogo Genius a partir da Plataforma Arduino, 2015.....	67
4.1.8 Mapping Learning and Game Mechanics for Serious Games Analysis in Engineering Education, 2017.....	68
4.1.9 Digital Lockdown: A 3D adventure game for engineering education, 2015.....	69
4.1.10 Gamification of Apollo lunar exploration missions for learning engagement, 2017.....	70
4.2 Considerações parciais.....	71
5 Metodologia.....	72
5.1 Definição da Pesquisa.....	72
5.2 Desenvolvimento do Jogo Séri.....	73
5.2.1 Definição do Enredo.....	73
5.2.2 Core Loop.....	75
5.2.3 Sobre o LM-GM.....	77
5.2.4 Sobre o Game Document Design.....	82
5.2.5 Sobre ferramentas e sites de arte.....	83
5.2.6 Produção do Jogo Digital.....	83
5.3 Avaliação.....	86
5.3.1 Os grupos.....	86
5.3.2 Instrumento – Questionário.....	88
5.3.3 Instrumento – Game Analytics.....	90

5.4	Aplicação em laboratório.....	92
5.5	A coleta e preparação dos dados.....	93
6	Resultados e Discussão.....	94
6.1	Aplicação do questionário.....	94
6.1.1	Perfil Demográfico dos Grupos.....	94
6.1.2	Critério de Experiência.....	95
6.1.3	Critério de Jogo.....	97
6.1.4	Critério de Aprendizado.....	101
6.2	Avaliação em Jogo.....	107
6.2.1	Propriedades Gerais.....	108
6.2.2	Cenário: Sala de Controle.....	111
6.2.3	Cenário: Brasil.....	111
6.2.4	Cenário: Irlanda do Norte.....	112
6.2.5	Cenário: Área 25.....	113
6.2.6	Cenário: Desafio Final.....	114
6.3	Avaliação Observacional.....	114
6.4	Considerações Parciais.....	115
7	Conclusão.....	117
7.1	Trabalhos Futuros.....	120
7.2	Publicações resultantes da pesquisa.....	121
	REFERÊNCIAS.....	123
	APÊNDICE A – Questionário de Avaliação do Jogo Séri.....	139
	APÊNDICE B – Documentação do Jogo Séri Phototype.....	143

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Nas últimas décadas, as novas tecnologias da informação e comunicação inspiraram na sociedade um complexo conjunto de novas possibilidades de interação humana. Na educação, o papel das novas tecnologias ganha importância e apresenta novos desafios na pesquisa de ferramentas de ensino-aprendizagem compatíveis com uma nova geração de estudantes já adaptados ao novo paradigma de tecnologias interativas e digitais (SANMUGAM et al., 2016).

A utilização de elementos de entretenimento no processo educacional tem sido observada em diferentes contextos, onde a utilização de multimídias como vídeos, filmes e jogos possuem a capacidade de promover notórios incentivos à aquisição do conhecimento por meio de um maior nível de engajamento dos estudantes (MISTRY; AL-ANAN, 2015).

A geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos é uma outra área onde os avanços tecnológicos foram relevantes nas últimas décadas, bem como deverão ser nos próximos anos. Estima-se que a geração de energia elétrica dessa categoria possa atingir entre 8% e 20% da demanda de eletricidade global até o ano de 2050 (FREI et al., 2013).

Esse tipo de energia representa atualmente a quarta fonte mais utilizada na geração de energia elétrica renovável, atrás da hidroelétrica, bioenergia e eólica. A maioria das tecnologias de geração direto do Sol são produzidas por tipos de materiais que, quando expostos à radiação solar, produzem corrente elétrica através do chamado “efeito fotovoltaico” (CHEMISTRY, 2014).

O avanço dessa tecnologia deve representar um aumento significativo na segurança energética dos países já que, por se tratar de uma fonte não poluente e renovável, pode estimular consideravelmente a redução dos custos das mudanças climáticas e contribuir para o aumento da sustentabilidade global. A agência Internacional de Energia defende a necessidade de considerar investimentos na aprendizagem das tecnologias fotovoltaicas entre os custos adicionais de incentivo a esse tipo de modelo de geração de energia elétrica (PHILIBERT; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2011).

Atualmente, pesquisas relacionadas ao ensino de sistemas fotovoltaicos apresentam diversos cursos voltados para o aprendizado de energias renováveis, onde o uso de energia solar fotovoltaica ganha destaque. Cursos massivos online chegam a registrar mais de 150 mil alunos interessados na geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos. (BRUDLER et al., 2012; SMETS, 2016).

Além dos cursos, os estímulos educacionais contam com a utilização de laboratórios físicos para estudos de ordem prática (AL-ADDOUS; CLASS, 2011; RAJAKARUNA; ISLAM, 2011; SOUSA; PIRES, 2010), que demandam grande investimento; laboratórios remotos (BLANCHARD et al., 2014; HUTZEL; GOODMAN, 2004; MASTNY et al., 2014; TOBARRA et al., 2014), cujo investimento também é um fator de grande relevância, mas que superam a exigência de presença física, oportunizando a utilização de um maior número de estudantes; e laboratórios virtuais (AGUILAR-PEÑA et al., 2016; CHEDID et al., 2014; RUS-CASAS et al., 2014), que podem ser utilizados por um grande número de estudantes e atendem a uma maior demanda de ensino.

Dentre as mídias utilizadas é possível encontrar também vídeos instrucionais e simulações baseadas em realidade aumentada, buscando promover um maior nível de engajamento dos estudantes durante o processo de ensino-aprendizagem (FERRER et al., 2013; PANTCHENKO et al., 2011). Na área de jogos, uma aplicação denominada *Lumen*, desenvolvida a partir do jogo *Minecraft*, procura explorar de maneira lúdica a geração de eletricidade através de um mundo virtual interativo e permite ao jogador utilizar-se de fontes como módulos solares e motores de combustão que podem ser conectados a lâmpadas e emissores de luz virtuais (STUYTS; DRIESEN, 2016).

O uso de jogos nesta área, ainda que pouco explorado, apresenta-se como um fator capaz de aumentar substancialmente a motivação dos estudantes e apresentar novas formas de interação capazes de facilitar o entendimento em questões de difícil compreensão (ZAPUŠEK; CERAR; RUGELJ, 2011).

A aplicação de jogos voltados ao ensino e/ou treinamento de estudantes e profissionais nas mais variadas situações é conhecido como Jogo SériO. Nesse contexto, os jogos sérios diferem-se de simulações ou meras experiências interativas por exigirem também o entretenimento do estudante como parte do processo, atuando diretamente na manutenção do engajamento durante a experiência de ensino-aprendizagem (LAAMARTI; EID; EL SADDIK, 2014).

Os jogos sérios possuem relevantes exemplos de utilização em esforços nas áreas educacionais, médicas e de negócios (ELLIMAN; LOIZOU; LOIZIDES, 2016; MILOSZ; MILOSZ, 2017; MORSI; MULL, 2015; RAMAN; LAL; ACHUTHAN, 2014). Sua utilização permeia até mesmo finalidades militares, onde jogos sérios colaboram no processo de treinamento de novos aviadores militares (GOLDIEZ; ANGELOPOULOU, 2016).

Nas engenharias pode-se encontrar também aplicações de jogos sérios voltadas para o ensino de conhecimento técnico. O jogo *Circuit War Z*, desenvolvido na Universidade de Ulster, exemplifica a utilização de jogos como objeto de aprendizagem divertido para fixação dos conhecimentos sobre eletrônica. O jogo possui um enredo e ambientação que busca deixar o processo de ensino-aprendizagem transparente ao estudante (CALLAGHAN et al., 2017).

Ainda há, no entanto, pouca exploração desse tipo de jogo em sala de aula, fato motivado pela baixa aceitação da comunidade escolar (e não especificamente dos estudantes), dificuldades tecnológicas e infraestruturais e questões relacionadas ao currículo e conteúdo dos cursos. Assim que superados os empecilhos, projeta-se um crescimento ainda maior da utilização desse tipo de tecnologia nas escolas e dentro de sala de aula (BACKLUND; HENDRIX, 2013).

Diante das perspectivas apresentadas relacionadas aos desafios educacionais, utilização de jogos sérios, e necessidade de treinamento e ensino de novos profissionais na área de sistemas fotovoltaicos, observa-se o surgimento da seguinte pergunta de pesquisa: **É possível tornar o conteúdo relacionado às tecnologias de sistemas fotovoltaicos mais atrativo e melhorar sua fixação por parte dos estudantes por meio de um jogo sério?**

1.1 OBJETIVOS

Partindo da pergunta de pesquisa apresentada e visando a construção de uma resolução para o problema, formulou-se os objetivos desta pesquisa, descritos a seguir.

1.1.1 Objetivo geral

Identificar características da utilização de um jogo sério no aprendizado de tecnologias de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica.

1.1.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos do projeto, em função do alcance do objetivo geral proposto:

- a) Modelar a partir de metodologias para jogos sérios e enredo um jogo virtual envolvendo sistemas fotovoltaicos;
- b) Desenvolver o protótipo do jogo virtual com foco no aprendizado de sistemas fotovoltaicos;
- c) Analisar características de utilização do jogo virtual por meio da validação do protótipo com estudantes de Engenharia de Energia.

1.2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento do setor educacional universitário é determinado pela melhoria das práticas educacionais e pelo aumento da qualidade das ferramentas de ensino, de forma que as universidades procuram formas cada vez mais sofisticadas de envolvimento dos estudantes e de quantificar os níveis de engajamento desses alunos (AZIZ; ESCHE; CHASSAPIS, 2009).

Cursos na área de engenharia são considerados elementos-chave dentro do processo de inovação da indústria e de apoio aos demais setores da sociedade, fazendo com que sua importância e demanda tenha crescido no Brasil, principalmente nos últimos anos. A necessidade de formação de profissionais nessa área passa pelo fortalecimento do sistema educacional e pela atração de novos profissionais para áreas de importante valor estratégico para o país como a Engenharia de Energia, cujo o desafio atual passa pela viabilização de fontes de energia limpas e renováveis, como o uso de energia eólica e solar (CORDEIRO et al., 2009).

As novas mídias e tecnologias apresentam-se como um novo conjunto de ferramentas capazes de provocar uma ampla variedade de formas de comunicação com estudantes e promover novas formas de engajamento, principalmente para atender um novo público acostumado à conteúdos interativos e com grande apelo motivacional em outras áreas fora do setor educacional (SANMUGAM et al., 2016).

O aprendizado baseado em jogos é uma estratégia cada vez mais utilizada como forma de sobrepor as barreiras educacionais enfrentadas pelo aumento das formas como os alunos consomem conteúdo através de diferentes dispositivos digitais com inovadores modos de interação, que faz com que os níveis necessários para alcançar o interesse e

atenção dos estudantes torne-se maior (BACKLUND; HENDRIX, 2013).

O uso de jogos sérios já é apontado como uma estratégia para que empresas especializadas realizem melhorias no engajamento dos processos de treinamento de seus funcionários. O mercado desse tipo de tecnologia, avaliado em 2,731 milhões de dólares em 2016, deve triplicar até o ano de 2023 (ALLIED MARKET RESEARCH, 2017).

A utilização deste tipo de ferramenta pode ser especialmente útil para a demanda crescente de capacitação de novos técnicos e engenheiros na área de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica, impulsionada pelo aumento considerável da instalação de novas plantas e da porcentagem de energia gerada mundialmente por essa categoria (MASSON et al., 2016).

Dessa forma, faz-se importante o desenvolvimento de novas formas de interação com os estudantes em conjunto com ferramentas que permitam a avaliação de características de sua utilização. Esta pesquisa propõe-se a estudar o impacto de jogos sérios no processo de aprendizagem da tecnologia de sistemas fotovoltaicos, com estudantes de nível superior em Engenharia de Energia.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar e identificar as características da utilização de jogos sérios no ensino de sistemas fotovoltaicos, buscando reconhecer se o uso dessa tecnologia pode auxiliar os estudantes de sistemas fotovoltaicos no processo de ensino-aprendizagem.

Para tal, fez-se necessário o desenvolvimento de um jogo sério que apresenta características e particularidades concordantes com o ensino de sistemas fotovoltaicos. O jogo foi desenvolvido a partir de metodologias específicas para o desenvolvimento de jogos sérios.

Não é escopo desta dissertação apresentar resultados da utilização de jogos sérios no processo de ensino-aprendizagem para todas as áreas do conhecimento ou apresentar uma nova metodologia relacionada ao desenvolvimento de jogos sérios. Todas as metodologias utilizadas serão apresentadas ao longo da dissertação.

O público-alvo restringiu-se a estudantes do ensino superior em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por possuírem em sua grade curricular a disciplina de Energia Solar Fotovoltaica.

1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC), estruturado sob a área de concentração Tecnologia e Inovação, tem como principais linhas de pesquisa: Tecnologia Educacional; Tecnologia Computacional; e Tecnologia, Gestão e Inovação.

De acordo com as definições do programa, a linha de maior aderência a esse trabalho foi a linha de pesquisa em Tecnologia Computacional. Essa linha de pesquisa busca desenvolver modelos, técnicas e ferramentas computacionais que sejam capazes de auxiliar a resolução de problemas interdisciplinares, especialmente na área da educação e gestão (PPGTIC, 2018).

Esta dissertação apresenta a utilização de novas tecnologias computacionais na educação técnica e observa suas características de utilização. Além da análise do uso jogos sérios no ensino-aprendizagem de sistemas fotovoltaicos, o capítulo 5 apresenta o desenvolvimento do jogo e as metodologias utilizadas na construção do mesmo para esta pesquisa.

A aderência ao PPGTIC pode ser caracterizada pela orientação desta dissertação à interdisciplinaridade, uma das principais características do Programa de Pós-Graduação. As tecnologias computacionais utilizadas nesta pesquisa são aplicadas com ênfase na área da educação e das engenharias.

Ainda sobre as linhas de pesquisa, o público ao qual se destina a importância desta pesquisa passa por todos os envolvidos com a educação técnica, nos níveis médio e superior, buscando inovação no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de sistemas fotovoltaicos.

1.5 METODOLOGIA

A presente dissertação foi classificada sob seis características metodológicas que serão descritas a seguir.

Sobre a área de conhecimento, a pesquisa apresentada classifica-se como interdisciplinar, dado que o conhecimento necessário para a sua conclusão é pautado em diferentes áreas do conhecimento. Neste caso, cita-se: Tecnologias da Informação e Comunicação, Educação e Engenharias (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2000).

Quanto a sua natureza, essa pesquisa classifica-se em aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento de aplicação prática e voltado a solução de problemas específicos (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Com base nos objetivos, classifica-se como descritiva, pois busca descrever as características do engajamento dos estudantes ao conteúdo de sistemas fotovoltaicos por meio dos jogos sérios (GIL, 2002).

O procedimento técnico utilizado na coleta de dados foi o de *Survey*, que propõe a interrogação direta das pessoas para obtenção dos dados. Esse procedimento foi realizado através de um questionário com os estudantes que utilizaram jogo sério como objeto de aprendizagem (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Quanto a abordagem dos dados, é majoritariamente quantitativa, visto que os dados retirados do questionário são basicamente questões fechadas que utilizam a escala *Likert* de 5 (cinco) níveis. A pesquisa quantitativa é baseada principalmente na comparação de resultados e no uso de técnicas estatísticas (WAINER, 2007).

Em função da coleta de dados acontecer no ambiente natural de estudo, esta pesquisa pode caracterizar-se como pesquisa de campo. No entanto, o desenvolvimento do jogo em ambiente controlado e sob metodologia previamente definida apresenta também um viés de pesquisa experimental (GIL, 2002).

O detalhamento da metodologia utilizada para alcançar os objetivos desta pesquisa está descrito no capítulo 5.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em sete capítulos, além das seções de referências bibliográficas e apêndices.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema desta pesquisa, pergunta de pesquisa e objetivos delimitados. Além disso, descreve a justificativa, aderência do tema ao PPGTIC e metodologia de desenvolvimento, finalizando o capítulo com a apresentação da estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 e 3 são dedicados a revisão bibliográfica dos temas abordados pela pesquisa: Jogos Sérios e Energia Fotovoltaica. Possuem a função de descrever os principais aspectos destes dois temas pertinentes à pesquisa, apresentando a fundamentação necessária para o desenvolvimento da mesma.

O Capítulo 4 descreve as pesquisas de maior relevância na área examinada por esta pesquisa. Foram selecionadas, a partir de busca exploratória, dez pesquisas relacionadas com os objetivos apresentados por este trabalho.

No Capítulo 5, apresenta-se os procedimentos metodológicos seguidos durante a execução da pesquisa, além de descrever também o jogo sério desenvolvido.

A apresentação dos resultados é realizada no Capítulo 6, onde os principais dados derivados da pesquisa de campo são tabulados e descritos como subsídio à pergunta de pesquisa definida por esta dissertação.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões validadas pela análise dos resultados e propõe sugestões para trabalhos futuros. Esse capítulo é seguido pelo referencial bibliográfico e apêndices.

2 JOGOS SÉRIOS

A necessidade de dispor de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem das mais diversas áreas motivou a pesquisa da utilização de recursos lúdicos como jogos digitais como ferramenta educacional. Este capítulo apresenta uma definição para a terminologia jogos sérios e alguns recursos e metodologias destinados à concepção deste tipo de instrumento pedagógico.

2.1 JOGOS DIGITAIS E AMBIENTES VIRTUAIS

A evolução tecnológica trouxe uma nova gama de possibilidades para diversas áreas do conhecimento, principalmente no contexto educacional. Novas abordagens de ensino foram pesquisadas com o objetivo de beneficiar professores e estudantes. O uso de ambientes virtuais no contexto educacional é fomentado como uma das novas abordagens capazes de atrair a atenção de estudantes e aprimorar o processo de ensino-aprendizagem (ŠIPOŠ; BALEN, 2017).

Por meio de espaços virtuais é possível promover a personalização, experimentação e exploração de ambientes e objetos com uma maior acessibilidade e efetividade. O uso de ambientes virtuais também possui como característica uma maior liberdade criativa e recursos pedagógicos mais inovadores (LIU, 2017). A imersão dentro de um espaço virtual faz com que os estudantes sintam-se parte do processo de ensino aprendizagem e facilita a capacidade de percepção das tarefas a serem realizadas (BRELAZ et al., 2017).

Os ambientes virtuais permitem ainda o aprendizado pela web, o uso de práticas colaborativas, o monitoramento e avaliação dos estudantes e a possibilidade de realizar tarefas à distância, sem constrangimentos de tempo e espaço que não estejam ligadas ao processo educacional (VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2016). A utilização de ambientes virtuais em três dimensões (3D) pode ser utilizada como uma forma de enriquecer a experiência de uso, proporcionando a sensação de estar dentro do meio e facilitando a exploração e descoberta do conhecimento (MARCELINO et al., 2014).

A implementação de ambientes virtuais ricos é geralmente explorada pelos jogos digitais para criar narrativas convincentes e proporcionar imersão dos jogadores durante a interação (FREYTAG; WIENRICH, 2017). A produção de jogos digitais tornou-se um

fenômeno de massa nas últimas décadas, fazendo com que organizações e desenvolvedores preocupem-se cada vez mais com os fatores mais relevantes para o sucesso de um jogo. A literatura sugere que os jogadores são, em sua maioria, preocupados com o fator de prazer do jogo, ou seja, a capacidade do mesmo de proporcionar experiências positivas durante uma sessão de jogo (ALEEM; CAPRETZ; AHMED, 2018).

Frequentemente, a utilização dos jogos digitais vai além de proporcionar entretenimento aos jogadores, apresentando-se como uma ferramenta de grande potencial na construção de identidades e valores, práticas sociais e desenvolvimento cognitivo por meio da experiência interativa dos jogadores com o mundo virtual. HSIAO (2007) destaca oito tópicos acerca de jogos digitais e aprendizado:

- a) Jogos suscitam o prazer, engajamento e motivação para o aprendizado;
- b) Jogos servem como domínios semióticos e de conhecimento para o aprendizado;
- c) Jogos provêm experiência e transformação entre domínios;
- d) As comunidades de jogos servem como redes sociais de aprendizagem;
- e) Jogos proporcionam aprendizado com múltiplas identidades;
- f) Jogos possuem potencial para jogo criativo e pensamento crítico;
- g) Jogos permitem reflexão e aprendizado.

O domínio semiótico, em outras palavras, sugere que o jogo apresenta a informação através da sua incorporação e contextualização no ambiente, fazendo com que o sucesso do jogador dependa das suas habilidades em reconhecer os recursos e contextos multimodais do jogo (HSIAO, 2007).

A criação de jogos digitais com finalidades não-exclusivas de entretenimento motivou a constituição de uma categoria denominada jogos sérios, que sugere atrair e engajar usuários por meio de jogos digitais onde os métodos tradicionais não conseguem chegar.

2.2 GÊNEROS DE JOGOS DIGITAIS

A classificação de estilos de jogos diferentes é realizada de maneira semelhante à classificação realizada sobre gêneros literários. Dado que todos os jogos possuem fatores inerentes e passíveis de serem

comparados, a pesquisa de SATO e CARDOSO (2014) propõe uma classificação que utiliza as mecânicas do jogo e sua jogabilidade como fator de base para a classificação do gênero de jogos. Essa classificação divide-se em:

- a) **Role Playing Game (RPG):** Combina aspectos de ação, estratégia e aventura. O foco deste gênero é a evolução do personagem adotado ou construído pelo jogador.
- b) **Ação:** Jogos que enfatizam a habilidade e destreza do jogador no controle dos comandos do personagem (como movimentação, ataque, defesa). Este tipo de jogo geralmente apresenta pressão por tempo, dado a exigência de resposta rápida nas ações do jogador.
- c) **Aventura:** Caracteriza-se por uma interação do jogador com o enredo e cenário de jogo. Possuem desafios como coleta, solução de enigmas e exploração do universo do jogo, não exigindo, geralmente, grande habilidade motora do jogador.
- d) **Estratégia:** Requer a formação de táticas por meio da análise da situação de jogo, focando em um objetivo principal. Nestes jogos, a conquista territorial e/ou material é latente e a constante adaptação da estratégia de jogo é importante para o sucesso.
- e) **Emulador:** Jogos onde há a adaptação de aspectos próximos dos encontrados na realidade, mas sem uma relação completa com a mesma.
- f) **Simulador:** Ao contrário dos emuladores, esta categorização abrange os jogos cujo a finalidade passa por reproduzir, da maneira mais fidedigna possível, a realidade de uma determinada experiência.
- g) **Quebra-cabeça:** Demandam observação e raciocínio lógico para a solução de problemas ou enigmas. Apresentam, geralmente, uma gama menor de possibilidades que jogos de estratégia e demandam um maior tempo de reflexão do jogador.

Essa classificação expõe uma orientação não definitiva para a categorização de jogos, já que a propagação de mecânicas de jogos entre diferentes gêneros é uma prática bastante comum no processo de inovação da jogabilidade.

2.3 DEFINIÇÃO DE JOGOS SÉRIOS

Existem diversas categorizações e definições que buscam elucidar o termo jogos sérios (do inglês, *serious games*). Em sua grande maioria, os estudos apontam características tradicionais relacionadas a videogames como diversão, desafios e entretenimento. Pesquisadores divergem, no entanto, quanto aos direcionamentos e áreas de aplicação dessa categoria, gerando definições distintas e, por vezes, conflituosas (MARSH, 2011).

(ZYDA, 2005) descreve um jogo sério como um jogo digital que possui mais do que história, arte e software. Um jogo sério deve envolver o campo pedagógico com a tarefa de educar ou instruir o jogador transmitindo conhecimento ou uma habilidade. O fator pedagógico, no entanto, deve estar subordinado à história e às mecânicas, fazendo com que o aspecto do entretenimento seja percebido primeiro. Por outro lado, (MICHAEL; CHEN, 2006) definem um jogo sério como jogos que não possuem o entretenimento, prazer ou diversão como proposta principal.

(CHARSKY, 2010) destaca a ambiguidade dos jogos sérios entre as dimensões do entretenimento e do aprendizado, salientando a necessidade dos desenvolvedores de combinarem as técnicas dos jogos com os elementos pedagógicos, garantindo o balanço adequado entre a diversão e o aprendizado.

(LAAMARTI; EID; EL SADDIK, 2014) compreendem a definição de jogos sérios como um jogo digital especificamente constituído de três dimensões complementares e relacionadas entre si, como apresentado na Figura 1:

- a) **Entretenimento:** o jogo deve possuir a capacidade de engajar e divertir o jogador. Esta dimensão é importante para caracterizar o jogo de forma diferente de meras simulações digitais.
- b) **Multimídia:** a interação com o jogo é realizada através de diferentes meios e geralmente a combinação de deles (textos, gráficos, animações, áudio, cinestesia)
- c) **Experiência:** o contexto específico da interação ao qual o jogador é exposto, também referenciado como *know-how* (saber como, em tradução literal). Esse contexto pode passar por diferentes áreas como, por exemplo, áreas militares, governamentais, educacionais, corporativas e da saúde (SUSI; JOHANNESSON; BACKLUND, 2007).

Figura 1 - Definição de Jogo Sério



Fonte: Adaptada de LAAMARTI; EID e EL SADDIK (2014)

Dessa forma, um jogo sério difere-se de um jogo de computador comum pela inclusão da dimensão de experiência, tornando o entretenimento não mais o único objetivo de sua aplicação, ainda que sua relevância não seja colocada abaixo das outras dimensões.

A utilização dos termos “sério” e “jogo” também sugere a interdisciplinariedade da classificação, já que considera a aplicação de experiências de caráter objetivo e pragmático com a diversão proporcionada pelos jogos digitais (SHOUKRY; GOBEL, 2017).

O mercado de jogos sérios foi avaliado pela ALLIED MARKET RESEARCH (2017) em 2,731 milhões de dólares em 2016, com projeção de chegar ao ano de 2023 a mais de 9 milhões de dólares. O relatório da empresa aponta que fatores como a digitalização em larga escala, a adoção da realidade virtual e uma maior busca das empresas pela melhora no engajamento de funcionários nos treinamentos é crucial para a expansão do mercado.

Ainda que o desenvolvimento e pesquisa de jogos sérios seja uma prática em crescimento avançado recente em diversos domínios, algumas barreiras ainda necessitam de maior compreensão para que os esforços nessa área ganhem maior efetividade. A dificuldade em validar a aplicação de jogos sérios, determinando seu sucesso em atingir os objetivos propostos, atrapalha os avanços desse tipo de prática em todas as áreas, em especial na educação. Fatores culturais e de modelo de negócios também mostram-se complicadores no processo de expansão dos jogos sérios (GOLDIEZ; ANGELOPOULOU, 2016).

No contexto educacional, uma grande parte dos estudos demonstram evidências positivas da utilização dos jogos sério. No entanto, a aceitação dos usuários, restrições tecnológicas e burocracias relacionadas ao currículo e conteúdo escolar são fatores que ainda contribuem negativamente para uma exploração mais comum desse tipo de jogo em sala de aula (BACKLUND; HENDRIX, 2013). Todas estas barreiras, quando devidamente vencidas, devem alavancar o crescimento dos jogos sérios de forma ainda mais significativa.

2.4 TAXONOMIA DE JOGOS SÉRIOS

A classificação dos jogos sérios é de suma importância para beneficiar o entendimento e apurar a capacidade de determinar critérios de usuários, desenvolvedores e pesquisadores na escolha, categorização e design de jogos apropriados à necessidade.

DE LOPE e MEDINA-MEDINA (2016) descrevem a taxonomia *Comprehensive Serious Games* (CSG), baseando-se em outras taxonomias anteriores cuja finalidade era extremamente específica (LOSH, 2007) ou não completa (LAAMARTI; EID; EL SADDIK, 2014). Uma classificação completa faz-se extremamente necessária dado a versatilidade dos jogos sérios, podendo até mesmo serem visualizados de diferentes perspectivas durante o desenvolvimento e uso.

A taxonomia CSG divide em seis diferentes blocos um total de dezesseis critérios que especificam a classificação do jogo, como pode ser visualizado no Quadro 1:

Quadro 1 - Taxonomia CSG

BLOCO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
Desenvolvimento do Jogo	Autoria	Define o autor ou grupo responsável pelo desenvolvimento do jogo
	Metodologia de Desenvolvimento	Refere-se ao conjunto de técnicas e procedimentos utilizados para facilitar o desenvolvimento
Plataforma de Jogo	Arquitetura de Hardware	Componentes físicos computacionais utilizados para rodar o jogo (Ex.: Computador Pessoal, Console, Dispositivo Móvel)

BLOCO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
	Implantação	Ambiente onde o jogo será executado, localmente e/ou em um servidor Web
Design de Jogo	Gênero	Classificação do jogo baseado na jogabilidade e no design gráfico. Essa característica pode abranger mais de um gênero.
	Narrativa	Conjunto de diálogos, mensagens, regras e dinâmicas de jogo que implementam a história que acompanha o jogo. Um jogo pode ter a narrativa como componente central (Ex.: Final Fantasy) ou não ter nenhuma narrativa (geralmente em jogos de lógica)
	Interatividade	Estabelece como o jogador interage com o jogo. Esse critério examina a dinâmica de jogo e não está relacionado diretamente aos periféricos. A interatividade pode ser tradicional (mouse e teclado), ativa (com gestos e movimentos) ou pervasiva (interagindo diretamente com o ambiente).
	Contexto de Uso	Descreve os fatores internos e externos acerca do jogo, como a quantidade de recursos utilizados, nível de envolvimento dos principais atores (estudantes, pacientes, professores, etc), hábitos e valores culturais.
	Área de Aplicação	A área de aplicação define o domínio do jogo criado (Ex.: saúde, educação, política).

BLOCO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
Uso do Jogo	Avaliação	A forma de identificação da efetividade ou eficiência do jogo nos aspectos ou objetivos propostos (fixação de conteúdo, treinamento de habilidades). A avaliação do jogo pode ser dividida nas categorias: quem (avaliação manual e/ou automática), quando (pré, durante, após a utilização), como (implícita e/ou explícita).
	Jogabilidade	A jogabilidade define o conjunto de propriedades que descreve a experiência do jogador com a finalidade de promover entretenimento, satisfação e credibilidade ao jogo. Nesse critério, são descritos as formas de motivação, estímulos e curva de aprendizado do jogo.
	Adaptação	A forma de adaptação descreve como o jogo adapta-se às características e capacidades do jogador, dispositivo ou ambiente. Essa adaptação pode acontecer, por exemplo, na dificuldade dos desafios presentes no jogo ou na forma de apresentação das informações na tela.
Jogadores	Público-alvo	Nos jogos sérios, a audiência precisa ser bem definida. Dessa forma, o público-alvo é especificado não só pela idade, mas também pelas características do grupo de jogadores.

BLOCO	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
	Interação dos Jogadores	Refere-se ao número de jogadores que participam do jogo, podendo ser único jogador, multijogador e multijogador massivo. Esse critério pode ser composto de vários valores, já que um jogo pode oferecer várias possibilidades. Também especifica a forma de interação entre os jogadores (colaborativa ou competitiva)
	Dedicação	Estabelece a quantidade de tempo dispendida pelo jogador, de acordo com as regras e dinâmicas do jogo. Pode variar de jogo casual (como <i>Bejeweled</i> ou <i>Flappy Bird</i>) a jogo <i>hardcore</i> (como <i>World of Warcraft</i>)
Modelo de Negócios	Licença	Especifica a forma de distribuição do jogo. Podendo variar entre comercial e não comercial, e sua forma de licença (ex.: software livre, software proprietário)

Fonte: Adaptado de DE LOPE e MEDINA-MEDINA (2016)

Ainda na pesquisa realizada por DE LOPE e MEDINA-MEDINA (2016), a aplicação da taxonomia CSG em vinte e dois jogos sérios demonstrou um domínio das áreas educacionais e da saúde (95%). Em grande parte (cerca de 82%) a narrativa é básica ou elementar. A jogabilidade de aproximadamente metade não foi sequer avaliada e apenas 20% apresentou critérios de adaptação. Essa constatação aponta critérios importantes a serem levados em consideração pelos desenvolvedores de jogos sérios.

Dentre os critérios apresentados, a avaliação, público-alvo e área de aplicação são definições que apresentam valores específicos para jogos sérios. Diferente dos jogos digitais tradicionais, os jogos sérios focam seu público-alvo em grupos específicos em vez de grupos etários, sendo assim, possuindo áreas de aplicação específicas. Outra característica exclusiva são os objetivos de avaliação, onde os jogos

sérios não apresentam como objetivo a ser avaliado apenas o entretenimento.

2.5 ENREDO

A definição do enredo é uma das primeiras etapas para a criação de jogos digitais. A criação de narrativas mostra-se como uma importante ferramenta na criação de conexões entre as emoções do jogador e sua experiência de jogo (HARLEY et al., 2015). Ainda que sua influência não seja inteiramente compreendida na aquisição de conhecimento, a narrativa do jogo possui importante papel na construção do tempo e espaço de interação do jogador e no despertar do pensamento crítico, atuando como condutor semiótico para refinar e clarificar as ideias do jogo (LIM et al., 2014).

O *Heuristic Framework*, proposto por DICKEY (2006), estabelece uma estrutura para a construção de narrativas em jogos com propostas educacionais. Esta estrutura foi organizada a partir do desenvolvimento de jogos de aventura com foco na solução de problemas, mas sua utilização em outros gêneros também é possível desde que seja possível integrar a narrativa aos objetivos de aprendizado do jogador.

O *Heuristic Framework* divide-se em seis fases, que indicam propostas para delinear o processo de produção da narrativa do jogo:

- a) **Apresentar o desafio inicial:** o centro da missão do jogador, que funciona como o catalisador da história e das motivações do personagem principal.
- b) **Identificar obstáculos potenciais e desenvolva enigmas, desafios e recursos:** para atingir o desafio principal, o jogador deve ser capaz de vencer pequenos desafios, que no caso do ambiente educacional, podem representar procedimentos, habilidades e conhecimentos que ajudarão o jogador a atingir os objetivos.
- c) **Identificar e estabelecer papéis:** Durante sua jornada, o personagem principal encontra outros personagens e situações que possuem papéis específicos na narrativa. Esta etapa busca definir o perfil de heróis e mentores apresentados pelo jogo.
- d) **Estabelecer a dimensão física, temporal, ambiental, emocional e ética:** busca definir o espaço físico e espaço de tempo onde se passa a narrativa; aparência, sensação do jogo e de que forma o mundo se apresenta ao jogador – por exemplo,

num mundo de fantasioso ou realístico. A dimensão ética define os aspectos morais do jogo, como forma de reforçar sua coerência.

- e) **Criar a história de fundo:** define a história por trás dos acontecimentos do jogo, alinhando-se com as fases anteriores e detalhando melhor o perfil dos personagens e do ambiente.
- f) **Desenvolver sequências para suportar o desenvolvimento da narrativa:** sequências podem ser utilizadas para prover ao jogador uma resposta sobre a conclusão das tarefas ou apresentar outro desafio.

A utilização do *Heuristic Framework* não limita-se à utilização das etapas sugeridas como um processo engessado, e sim como sugestão de elementos e componentes que podem prover uma orientação durante o desenvolvimento de atividades baseadas em problemas, projetos ou casos de uso em jogos com foco educacional.

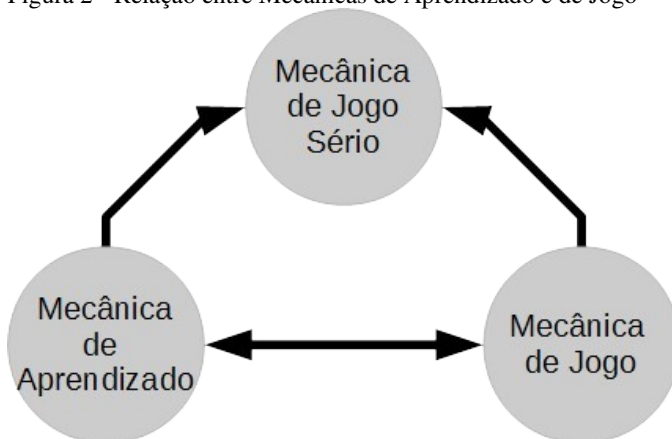
2.6 METODOLOGIAS E MODELOS PARA JOGOS SÉRIOS

Por apresentar características diferentes dos jogos digitais tradicionais, o desenvolvimento de jogos sérios também deve estar condicionado às metodologias de desenvolvimento de jogos específicas para esse tipo de aplicação. A integração entre os objetivos de avaliação e as mecânicas de jogo são de extrema importância para o sucesso de um jogo sério (ABDELALI et al., 2016).

A utilização de jogos sérios com propósitos educacionais é apontada por estudos como uma ferramenta a ser integrada no contexto de uso e deve ser acompanhada por materiais adicionais, discussões e exercícios de reflexão com o intuito de reforçar o aprendizado e melhorar a eficiência dos jogos sérios (DE FREITAS; JARVIS, 2006).

Um modelo específico para a análise e desenvolvimento de jogos sérios é proposto por ARNAB et al. (2015) denominado *Learning Mechanics – Game Mechanics* (LM-GM). Este modelo analítico mapeia mecânicas de aprendizado (como observação, repetição e discussão) às mecânicas de jogo (como premiações, pressão de tempo e níveis), buscando combinar os princípios do processo educacional com os elementos de jogos digitais e reduzir a distância entre o aprendizado e o engajamento. A relação entre estes componentes é apresentado pela Figura 2.

Figura 2 - Relação entre Mecânicas de Aprendizado e de Jogo



Fonte: Adaptado de ARNAB et al. (2015)

A identificação destas mecânicas possibilita a criação de relações específicas de jogos sérios, cujo os principais componentes transitam entre as esferas pedagógicas e de entretenimento.

O Quadro 2 apresenta mecânicas de aprendizado, do lado esquerdo, e mecânicas de jogo, do lado direito, de maneira descritiva, e não prescritiva. Isso significa que ao realizar a análise, o usuário relaciona livremente as mecânicas de ambos os eixos do modelo preenchendo uma tabela, descrevendo ainda uma descrição detalhada das mecânicas destacadas.

Quadro 2 - Lista de Mecânicas de Aprendizado e de Jogo

Mecânica de Aprendizado	Mecânica de Jogo
Instrucional	Coleta
Tarefa	História
Observação	Questões e Respostas
Identificação	Gerenciamento de Recursos
Planejamento	Pontos de Ação
Imitação	Estado
Avaliação	Prêmios / Penalidades
Motivação	Pressão de Tempo

Fonte: Adaptado de ARNAB et al. (2015)

Os autores do LM-GM argumentam que o modelo pode ser usado como ajuda no design, análise e especificação de um jogo sério. Por ser baseado em listas não exaustivas, também pode ser adaptado à inclusão de novas mecânicas de aprendizado e elementos de jogos.

Sendo assim, utilização desse modelo deve ser feita por meio da identificação das mecânicas de aprendizagem e de jogo usadas (ou a ser implementada, em caso de design) para cada situação do jogo, descrevendo as suas relações e a implementação e apresentando-as em um mapa das dinâmicas de jogo.

Na literatura observada, o LM-GM foi utilizado em análises de jogos voltados para o aprendizado técnico de hardware de computadores (BALDEÓN et al., 2016), aprendizado voltado à área de engenharia com circuitos eletrônicos (CALLAGHAN et al., 2017), treinamento de habilidades interpessoais em diferentes setores (IMBELLONE; BOTTE; MARIA MEDAGLIA, 2015), instrução sobre educação sexual e tomada de decisão em cadeias de suprimentos e ambientes de produção distribuída (HAUGE et al., 2015).

2.7 TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS PARA JOGOS SÉRIOS

Dado que o desenvolvimento de jogos sérios concentra-se nos modelos de desenvolvimento, formato de avaliação e público-alvo específicos, são escassos os registros de tecnologias computacionais de desenvolvimento (motores de jogo) específicos para a construção de jogos sérios. Dessa forma, é comum a utilização de motores de jogo e *frameworks* dedicados ao desenvolvimento de jogos digitais tradicionais também no desenvolvimento das aplicações de jogos sérios (COWAN; KAPRALOS, 2014).

Os motores de jogo são ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de jogos digitais, atuando como uma superestrutura para reduzir os esforços do desenvolvimento. Normalmente, os motores de jogo trazem conjuntos de ferramentas usadas pelos desenvolvedores e artistas para a codificação e design do jogo (NAVARRO; PRADILLA; RIOS, 2012). Dentre as funções de um motor de jogo, destaca-se:

- a) **Codificação:** permite que o desenvolvedor escreva códigos para controlar a execução do jogo;
- b) **Renderização:** realiza o processamento da parte visual do jogo, lidando com objetos tridimensionais, bidimensionais, iluminação e menus;

- c) **Inteligência Artificial:** implementa ou disponibiliza rotinas para o processamento de personagens e objetos do jogo de forma inteligente;
- d) **Animação:** transforma objetos do jogo por mudanças, deformações e dinâmicas;
- e) **Física:** provê interação realista entre os objetos físicos do jogo e o ambiente;
- f) **Cinematografia:** permite a inclusão de vídeos ou sequências cinematográficas, geralmente utilizados como recurso narrativo no enredo;
- g) **Áudio:** renderiza e filtra sons, permitindo a inclusão de efeitos e trilha sonora;
- h) **Rede:** suporta a execução e conexão do jogo sobre uma rede de computadores, geralmente utilizado para prover integração entre jogadores;
- i) **Gestão de Recursos:** abstrai o gerenciamento de recursos de memória, processamento, armazenamento e outros periféricos, facilitando o processo de desenvolvimento.

Além disso, o motor de jogo pode apresentar também editores que facilitam o trabalho de artistas e programadores na criação de cenários, efeitos visuais e materiais utilizados nos objetos (COWAN; KAPRALOS, 2014).

Dentre os motores de jogo mais populares para o desenvolvimento de jogos encontram-se: Unity® (UNITY TECHNOLOGIES, 2018), Unreal® (EPIC GAMES, 2018), Godot Engine© (LINIETSKY; MANZUR, 2018), XNA® (MICROSOFT, 2018), Torque3D® (GARAGE GAMES, 2018), OGRE® (OGRE3D, 2018), Game Maker® (YOYO GAMES, 2018), Source Engine® (VALVE, 2018) e HTML5. Outras tecnologias como Construct2® (SCIRRA, 2018), Adventure Game Studio (JONES, 2018), Phaser Editor (FORNARIS, 2018) também são utilizadas. A e-Adventure (E-UCM, 2018) é uma dos poucos motores de jogos direcionado para a criação de jogos com proposta educacional.

A escolha do motor de jogo adequado em meio a tantas opções é uma tarefa complexa dado que todas possuem vantagens e desvantagens dado o tipo de aplicação que pretende ser desenvolvida e das características do desenvolvedor. Assim, a adequação e escolha das ferramentas deve seguir critérios especificados para o desenvolvimento

do jogo sério e da experiência de desenvolvimento dos desenvolvedores (PAVKOV; FRANKOVIĆ; HOIĆ-BOŽIĆ, 2017).

O Unity® é um dos motores de jogo que apresenta a maioria dos critérios encontrados nos motores de jogo: o suporte ao desenvolvimento em duas dimensões (2D) e 3D, implantação em várias plataformas, motores físicos e gráficos avançados, uso de inteligência artificial, suporte à rede e importação de conteúdo. O Unity® apresenta ainda a codificação por meio da linguagem C# e uma curva de aprendizado considerada fácil, quando comparada com outros motores (ALI; USMAN, 2016).

Outra ferramenta utilizada no desenvolvimento de jogos é o Blender® (BLENDER FOUNDATION, 2018). Ainda que sua principal função seja a modelagem e renderização de objetos tridimensionais, o Blender® possui um motor de jogos denominado *Blender Game Engine* (BGE), que permite o desenvolvimento de jogos e simulações interativas. A BGE apresenta-se com um dos motores de jogos de maior compatibilidade e extensão de conteúdos quando comparado com ferramentas como o Unity® e Unreal® (ALI; USMAN, 2016).

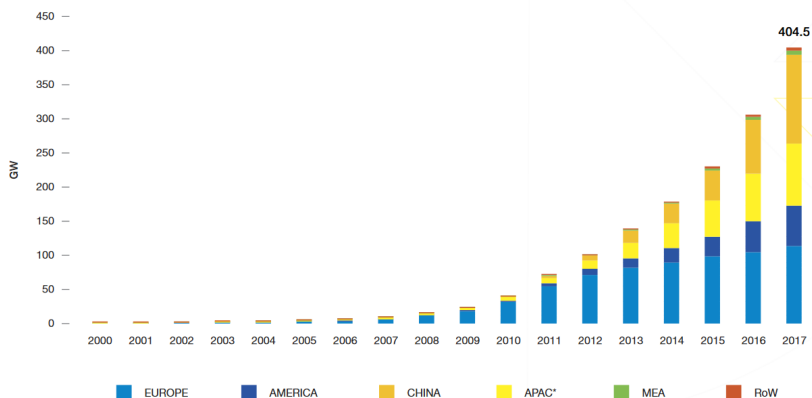
3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

De acordo com a ANEEL (2005), quase todas as fontes de energia são indiretamente derivadas da ação da energia solar. Isso inclui energia geração hidráulica, por biomassa, combustíveis fósseis, oceânica e eólica. Apesar da variedade de fontes energéticas, uma boa parte da população mundial ainda não possui acesso à energia elétrica ou é atendida de forma precária.

A superfície da terra recebe em média aproximadamente $1,08 \times 10^{14}$ kW por segundo. Mesmo que apenas 0,1% dessa energia fosse convertida sob uma eficiência de 10%, o total de energia convertido seria de quatro vezes o total de energia demandado pelo mundo. No entanto, atualmente 80% da energia gerada no planeta é baseada em combustíveis fósseis (WEC, 2016).

Até o ano de 2050, estima-se que só a geração de energia por sistemas fotovoltaicos deva alcançar entre 8% e 20% da demanda total de eletricidade global (FREI et al., 2013). O uso desse tipo de energia possui atrativos como a grande capacidade de renovação, a operação silenciosa e não poluente, e a capacidade de aplicação próxima às fontes consumidoras, eliminando os gastos com distribuição (ZOMER, 2012). A Figura 3 apresenta a evolução da instalação anual de potência em gigawatts da geração de energia solar fotovoltaica, desde o ano 2000.

Figura 3 - Potência de energia solar instalada globalmente



Fonte: EUROPE (2018)

A capacidade instalada em 2017 foi de 99,1 Gigawatts, uma quantidade cerca de 30% superior ao que foi instalado no ano de 2016. Um crescimento que tem sido considerável durante toda a década.

O avanço desse tipo de tecnologia é impulsionado principalmente pela preocupação com a segurança energética das nações, já que por se tratar de uma fonte não poluente, renovável e com poucas oportunidades de interferência do ser humano, a energia solar fotovoltaica deve contribuir consideravelmente no aumento da sustentabilidade global (PHILIBERT; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2011).

A energia solar em forma de radiação pode ser usada como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e de fluídos, em atividades que requerem temperaturas elevadas; ou convertida para energia elétrica por meio da heterotermia, ou mais comumente, pelo efeito fotovoltaico (SILVA, 2015).

Essa conversão de energia através do efeito fotovoltaico é obtida por meio da célula fotovoltaica, um dispositivo construído de material semicondutor que passa por etapas de purificação e posteriormente de dopagem, que adiciona impurezas em quantidade regulada no material. Os principais tipos de materiais semicondutores utilizados na construção dessas células são comumente baseados em silício. Porém, é possível a utilização de outros materiais como carbono, germânio, arsênio ou fósforo (PINHO; GALDINO, 2014).

O Brasil é um país que possui um enorme potencial para aproveitamento da energia solar durante todas as estações do ano pelo fato de localizar-se em região intertropical. No país, a inclusão desse tipo de geração de energia elétrica à matriz energética nacional possui forte apelo para viabilizar a eletrificação em regiões remotas, onde o custo de investimento de outras tecnologias é excessivamente alto em relação ao retorno financeiro (PEREIRA et al., 2014).

3.1 POTENCIAL SOLAR

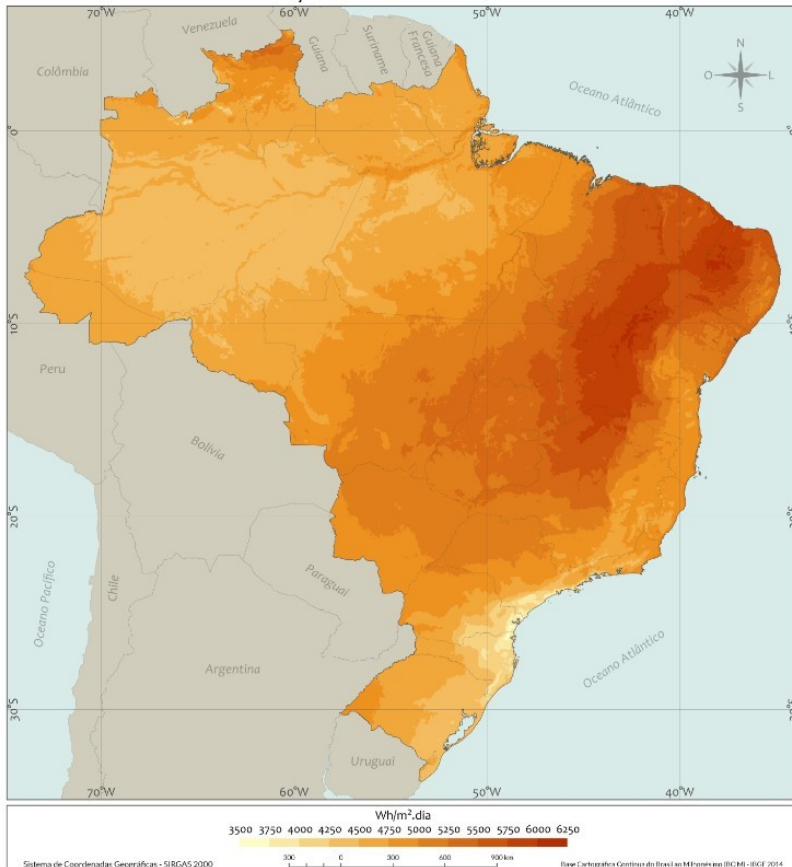
O Sol é capaz de emitir energia radiante que atinge o planeta Terra a cerca de $1,5 \times 10^{11}$ metros. Essa radiação solar atinge a camada externa da atmosfera da Terra a uma intensidade de $1,367 \text{ W/m}^2$, valor que é conhecido como constante solar (DUFFIE; BECKMAN, 2013).

Boa parte desta energia, no entanto, é reduzida por diversos processos físicos durante o transpasse da radiação ao atravessar a

atmosfera terrestre. Enquanto uma parte é refletida pelas nuvens, gases e partículas atmosféricas, uma outra parte é absorvida pelo planeta produzindo seu aquecimento (PEREIRA et al., 2014).

Os dados de irradiação solar são obtidos usualmente por meio de dois tipos de instrumentos: o piranômetro e imagens de satélite. No primeiro dispositivo, o mapa de irradiação solar pode ser obtido através da extrapolação e interpolação de dados de estações meteorológicas. A Figura 4 apresenta um mapa da radiação solar global horizontal média diária anual do Brasil de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, cujo os dados foram obtidos por meio imagens de satélites (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 4 - Média anual da irradiação global horizontal no Brasil



Fonte: PEREIRA et al. (2014)

Apesar da baixa média anual no norte do Brasil, especialmente na região amazônica, o território nacional possui potenciais consideráveis, principalmente no centro-oeste e nordeste do país.

3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A primeira observação registrada do efeito fotovoltaico foi em 1839, quando Edmond Becquerel verificou que placas metálicas mergulhadas em um electrólito e expostas à radiação solar produziam diferença de potencial. Em 1877, este efeito foi utilizado por dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day, para produzir o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição de radiação solar, com uma eficiência da ordem de 0,5%. Essa eficiência chegou a mais de 6% em 1954, quando cientistas da Bell Labs desenvolveram a primeira célula solar a base de silício (VALLÊRA; BRITO, 2008).

O lançamento de satélites artificiais beneficiou-se enormemente da utilização da geração de energia elétrica por meio das células solares. Em meio ao clima de corrida espacial, os satélites passaram a trocar as antigas baterias alimentadas por fontes radioativas por células solares. O satélite artificial *Vanguard I* foi o primeiro do tipo a ser colocado em órbita, em 1958 (VEISSID; BARUEL, 2012).

Atualmente, a maior parte da produção de módulos fotovoltaicos comerciais é realizada a partir de compostos de silício monocristalino ou policristalino, que possuem eficiência de aproximadamente 15%, sendo considerada como tecnologia de primeira geração. Algumas células de filme fino também podem ser comercializadas com eficiência entre 7% e 11%, e são chamadas de células de segunda geração. Na terceira geração, encontram-se células orgânicas que ainda estão em fase de pesquisa (MACHADO; MIRANDA, 2014).

3.2.1 Associação de Células

Dado sua baixa corrente e tensão, as células fotovoltaicas podem ser associadas de forma a obter níveis de tensão e corrente mais elevados. Tal arranjo dá forma ao módulo fotovoltaico, que pode ser associado em série ou em paralelo (PINHO; GALDINO, 2014).

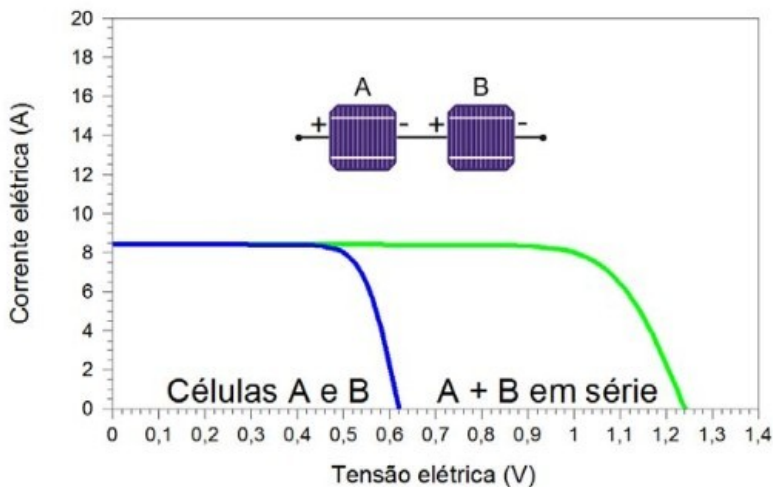
Na associação em série, o dispositivo fotovoltaico é conectado a outro dispositivo e, submetidos à mesma irradiância solar, suas tensões são somadas e a corrente elétrica permanece a mesma. Ou seja:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n$$

A Figura 5 ilustra a conexão de duas células fotovoltaicas, realizada por meio da conexão do terminal negativo de uma célula ao terminal positivo de outra:

Figura 5 - Associação de células em série



Fonte: PINHO e GALDINO (2014)

Dessa forma, desde que as condições de irradiância e temperatura sejam as mesmas, a corrente elétrica dos dispositivos associados será a mesma. Caso sejam associados dispositivos com diferentes valores de corrente, a associação será limitada pela menor corrente, o que pode causar superaquecimento ao sistema e não é recomendada na prática (PINHO; GALDINO, 2014).

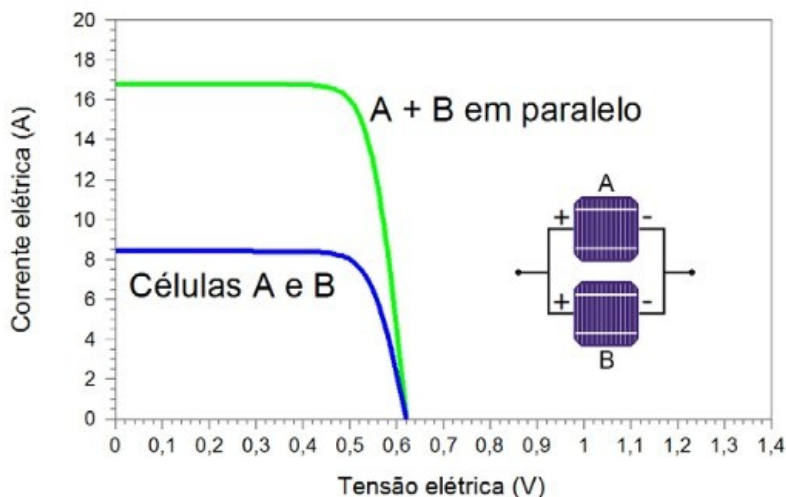
Na associação em paralelo, os dispositivos fotovoltaicos são conectados entre si de forma que a tensão permanece inalterada, enquanto as correntes elétricas dos dispositivos serão somadas. Ou seja:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \dots = V_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n$$

A ilustração desse efeito é apresentada pela Figura 6.

Figura 6 - Associação de células em paralelo



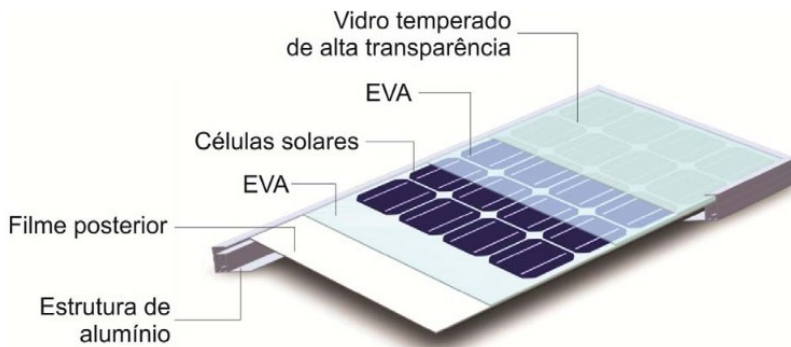
Fonte: PINHO e GALDINO (2014)

Tal como a associação em série, a associação paralelo possibilita que, diante das mesmas condições, as células possam garantir uma maior corrente elétrica a uma tensão estável.

3.2.2 Módulo Fotovoltaico

A partir destas combinações, formando-se o módulo fotovoltaico, é possível produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia gerada. Os módulos são encapsulados também com a finalidade de proteger as células, aplicando-se proteções contra a sujeira e tornando-os mecanicamente mais rígidos. Assim como as células, os módulos também podem ser associados em série ou paralelo de forma a obter tensões e correntes maiores. A Figura 7 ilustra os componentes geralmente presentes em um módulo fotovoltaico:

Figura 7 - Componentes de um módulo fotovoltaico



Fonte: PINHO e GALDINO (2014)

Enquanto o vidro temperado de alta transparência é responsável por facilitar a limpeza do módulo, importante para garantir a maior irradiância possível nas células, a estrutura de alumínio confere mais rigidez mecânica ao conjunto.

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção do silício em grau metalúrgico. Esse grau de silício não é, no entanto, o utilizado na produção de células fotovoltaicas. O silício de grau solar envolve um processo de purificação de alta tecnologia e que agrega cerca de 100 vezes o valor final do produto, não sendo realizado a nível comercial no território nacional. O aumento da demanda doméstica e de políticas de incentivo é apontado como um fator necessário para a redução dos custos de produção para as tecnologias dentro do mercado brasileiro (ABINEE, 2012).

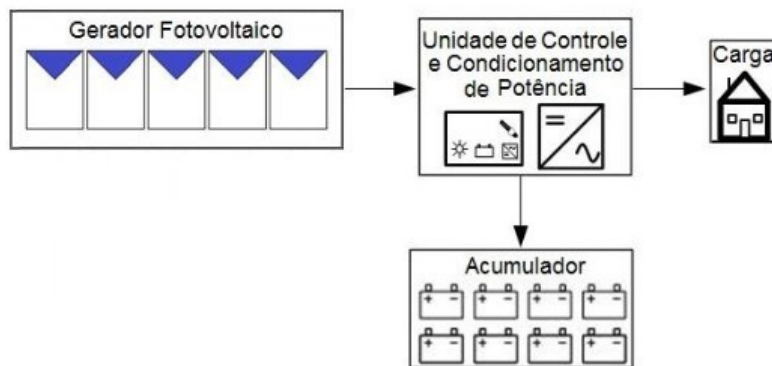
3.2.3 Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são compostos pelos módulos e por dispositivos de fixação e suporte, proteção, inversores e cabos responsáveis pela transmissão e garantia da qualidade na geração energética. Estes sistemas dividem-se em isolados e em conectados à rede. Em ambos os casos, os sistemas também podem ser chamados de híbridos, caso haja a presença de outras formas de geração de energia elétrica (PINHO; GALDINO, 2014).

Em sistemas que não se conectam à rede elétrica comum, os chamados Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI), é necessário a utilização de baterias e equipamentos de controle de carga que

armazenam a energia gerada ou não consumida concorrentemente à geração para que seja utilizada em momentos onde não há nível de irradiação solar suficiente (como em período noturno ou chuvosos) (ABINEE, 2012). A configuração básica de um SFI é apresentada pela Figura 8.

Figura 8 - Configuração Básica de um SFI

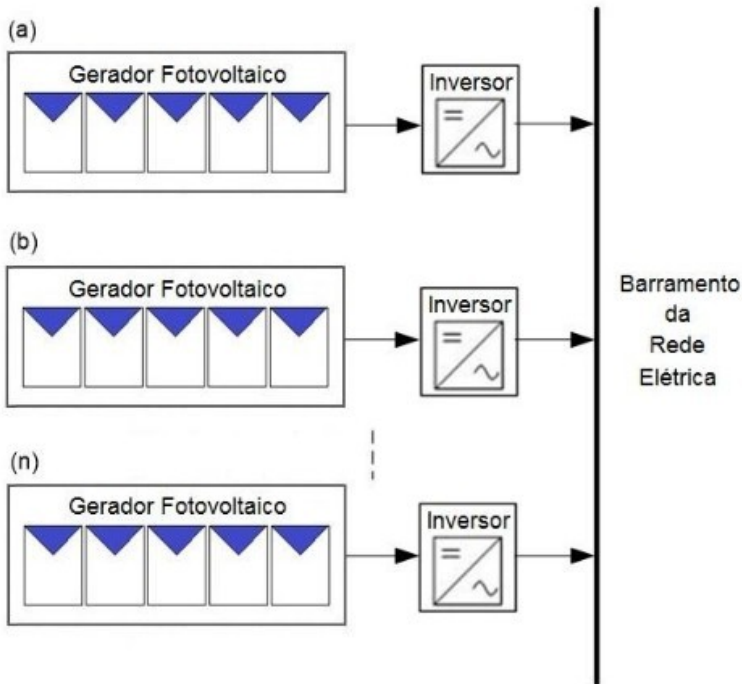


Fonte: PINHO e GALDINO (2014)

Estes sistemas podem ser individuais, atendendo uma única unidade de consumo ou um número pequeno de unidades consumidoras geograficamente próximas. No Brasil, os sistemas isolados foram regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) Resolução N° 83/2004 e atualizados pela Resolução N° 493/2012, estabelecendo procedimentos e condições para o fornecimento de energia elétrica por meio de SFI.

Ao contrário dos SFI, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica (SFCR) não exigem um conjunto de baterias para armazenamento do excedente energético, já que toda energia elétrica gerada pelos módulos é utilizada. Esse tipo de sistema constitui-se dos módulos fotovoltaicos e do inversor, responsável por proteger a rede de incidentes e converter para corrente alternada a energia gerada (URBANETZ JUNIOR, 2010). A configuração básica de um SFCR é apresentada pela Figura 9.

Figura 9 - Configuração Básica de um SFCR



Fonte: PINHO e GALDINO (2014)

A queda nos preços de geradores solares e a demanda crescente de energia elétrica, cujo os valores máximos são registrados nos meses de verão no período da tarde e coincidem com a maior taxa de disponibilidade de radiação solar, impulsionou o crescimento da instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais. Esse tipo de aplicação favorece o aumento da competitividade e a redução das tarifas convencionais de energia elétrica, já que o consumidor pode injetar na rede o excedente gerado pelo seu sistema (PEREIRA et al., 2014).

A primeira regulamentação para esse tipo de geração no Brasil surgiu apenas no ano de 2012 através da normativa 482/2012, que estabeleceu regras para a micro e minigeração de energia solar fotovoltaica, e foi revisada em 2016 pela normativa 687/2015, estendendo a abrangência dos telhados solares para condomínios, consórcios, cooperativas e autoconsumo remoto (geração de energia elétrica fora do local de consumo) (PEREIRA et al., 2014).

No Japão e nos Estados Unidos, o sistema de compensação por créditos é conhecido como *net metering*, onde a unidade consumidora acumula créditos pela quantidade de energia elétrica que injeta na rede, que são utilizados em momentos de baixa radiação solar. Na Alemanha e Espanha, o sistema de tarifação denomina-se *feed in tariff*, que assume a unidade consumidora como compradora de toda energia solar fotovoltaica gerada, há valores calculados de forma a atrair investimentos da iniciativa privada na geração de energia de fontes renováveis (URBANETZ JUNIOR, 2010).

3.3 EDUCAÇÃO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A abordagem da Engenharia de Energia é reconhecida dentro da educação formal, não-formal e informal, mas é na primeira onde se manifestam a maior parte das pesquisas. Desde o surgimento do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no século XX, que levantou a necessidade do desenvolvimento do bem-estar social atrelado ao desenvolvimento científico e tecnológico, a preocupação com o meio ambiente e o uso racional de energia são temas promovidos por meio da educação (MOURA, 2014).

O ensino de Engenharia no Brasil teve início em 1699, com a criação da aula de Fortificação, destinada a formar engenheiros militares. Em 1738 foi formalizado o ensino militar, com duração mínima de cinco anos. Com a chegada da família real portuguesa no Brasil, em 1808, diversas instituições de ensino foram criadas e novos cursos de Engenharia foram instituídos no país, posteriormente vinculados às instituições civis. Atualmente, a taxa de crescimento dos cursos de Engenharia é alta, entretanto, cerca de 78% localiza-se nas regiões Sudeste e Sul, sendo quase um terço no estado de São Paulo (CORDEIRO et al., 2009).

O curso de Engenharia de Energia surgiu da demanda por um profissional de maior especialização para os novos desafios e com capacidade de dominar uma visão abrangente das questões energéticas, identificar potenciais, formas de utilização e instalação e gerenciar adequadamente os resíduos. Devido à inerente dificuldade do currículo e dos temas abordados pelo curso, poucos estudantes direcionam-se para esta área em comparação a outros campos de estudo (INDRUSIAK et al., 2014).

A necessidade de formação de material humano para suprir a demanda passa pelo fortalecimento do sistema educacional, dando aos

cursos e à pesquisa nas instituições de ensino superior um maior foco nas necessidades da sociedade. Além disso, assim como Química Fina e Nanotecnologia, a Engenharia de Energia e o estudo da geração de energias alternativas apresentam-se como importantes áreas estratégicas para tornar o Brasil um país mais competitivo e conduzir a inovação na indústria e nos demais setores da sociedade (CORDEIRO et al., 2009).

O ensino de ciências, em geral nos primeiros estágios educacionais, tende a concentrar-se em elementos que incluem animais, planetas, plantas, rios, ecossistemas e outros conceitos de maior apelo biológico. Dessa forma, o ensino da física e especificamente energia solar é particularmente menos introduzido nas escolas de nível básico, tornando as gerações mais jovens menos familiarizadas com o tema (PANTCHENKO et al., 2011).

O perfil dos estudantes de Engenharia de Energia identificado em um programa de Bacharel em Sistemas de Energia Renovável, no *Oregon Institute of Technology*, possui as seguintes características (BASS, 2006):

- a) Uma grande quantidade de estudantes possuem razões geopolíticas ou ambientais para a escolha do curso;
- b) Reconhecem o crescimento da indústria e o potencial para formação de novos pequenos negócios;
- c) Possuem interesse na pesquisa de Engenharia de Energia renovável, e procuram instituições de pesquisa para dar seguimento ao trabalho na área;
- d) Podem ser classificados como estudantes não-tradicionais, pela escolha de um currículo não tradicional do curso.

A indústria de energia está constantemente à procura de estudantes bem treinados, que colaborem para responder aos desafios encarados pelo setor energético na economia. A interação entre universidade e indústria e o entendimento das necessidades da sociedade nesta área é um fator chave para o sucesso de um programa educacional em Engenharia de Energia (SEN, 2011).

Neste contexto, a concepção de ferramentas e metodologias que colaborem para a popularização e entendimento dos conceitos relacionados à área apresenta-se como um importante ação para alcançar as metas de utilização desse tipo de tecnologia ao redor de todo o mundo.

4 ESTADO DA ARTE

Os trabalhos identificados na sequência deste capítulo retratam o atual desenvolvimento de pesquisas relacionadas à temática desta dissertação, suas abordagens e suas metodologias de desenvolvimento.

Dessa forma, pretende-se elucidar a importância deste estudo como parte complementar para as pesquisas apresentadas e expor a importância deste campo de atuação.

4.1 PESQUISAS SOBRE JOGOS SÉRIOS E ENGENHARIAS

Os trabalhos listados a seguir foram selecionados a partir de revisão de literatura nas bases de dados *IEEE Xplore* e *Scopus*, além de buscas não sistemáticas em portais de busca como o *Google Scholar* e o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes.

Os termos de busca utilizados foram definidos a partir da listagem dos temas abordados pela fundamentação teórica deste trabalho, sendo estes os seguintes:

- a) *Serious Games* (Jogos Sérios)
- b) *Engineering* (Engenharia)
- c) *Educational* (Educativo)

Nas bases de dados com trabalhos em português e nos motores de busca como o *Google Scholar*, os termos foram utilizados em inglês e português para identificar trabalhos em ambas as línguas.

Foram selecionados apenas os trabalhos que coincidem com o objetivo geral desta pesquisa, ou seja, estudos e ferramentas que buscam auxiliar o processo de ensino-aprendizagem por meio da utilização de jogos digitais.

A seleção final resultou em dez trabalhos de maior pertinência com os temas pesquisados e que serão listados na sequência deste capítulo.

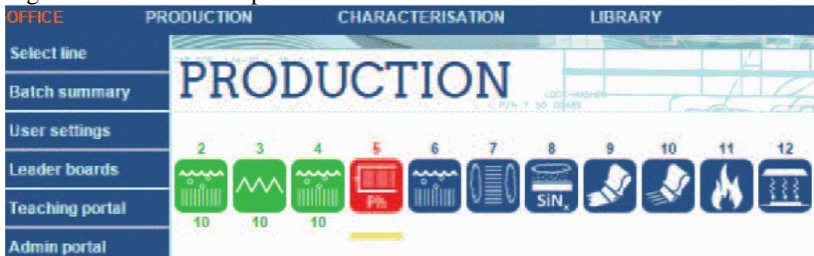
4.1.1 Chasing higher solar cell efficiencies: Engaging students in learning how solar cells are manufactured, 2015

A pesquisa de LENNON, ABBOTT e MCINTOSH (2015) apresenta uma simulação da produção de células fotovoltaicas com

elementos de jogos para monitorar o desempenho e engajar os estudantes de educação superior. O ambiente apresenta o objetivo de oferecer ferramentas de aprendizado para o processo de ensino-aprendizagem sobre o processo de produção de células de silicônio em sistemas fotovoltaicos.

A simulação utilizada apresenta mecânicas como quadro de líderes, medalhas e níveis em um processo de gamificação com o propósito de estimular a motivação dos estudantes em conjunto com a utilização de uma plataforma de estudos digital e online (Figura 10). Para a avaliação da pesquisa, foram comparados resultados da conclusão de atividades do ano de 2014 sem a utilização das mecânicas de jogos com o ano de 2015, já com a simulação gamificada.

Figura 10 - Interface da plataforma online



Fonte: LENNON, ABBOTT e MCINTOSH (2015)

A conclusão do estudo apresenta significantes aspectos que reforçam o aumento do engajamento dos estudantes durante a utilização da simulação gamificada, mas reforça a necessidade de novos estudos para assegurar que a metodologia pode reforçar o aprendizado e para avaliar diferentes tipos de engajamento para grupos distintos de estudantes.

4.1.2 Lumen: Educating youngsters about energy, using Minecraft, 2016

O projeto *Lumen*, proposto por STUYTS e DRIESEN (2016), consiste em modificação do popular jogo de computador *Minecraft* que foca no ensino-aprendizagem de sistemas elétricos para estudantes de diversas idades, tendo como objetivo explicar e desmistificar os conceitos relacionados à energia, eletricidade e termodinâmica.

Através da jogabilidade já conhecida por muitos estudantes, a modificação adiciona elementos (Figura 11) como geradores (fontes de

energia), cabos (conexões) e consumidores (carga) para permitir que os estudantes/jogadores explorem lições interativas ou desenvolvam suas próprias simulações de circuitos elétricos. Os estudantes são encorajados a utilizarem o *Lumen* em sala de aula ou em casa, podendo utilizar mundos compartilhados em rede com outros estudantes ou jogarem sozinhos, seguindo seu próprio ritmo.

Figura 11 - Mundo virtual e componentes adicionados por Lumen



Fonte: STUYTS e DRIESEN (2016)

Apesar de a modificação ser disponibilizada gratuitamente, uma licença do jogo *Minecraft* é necessária para a utilização do Lumen. O estudo não apresenta até o momento nenhuma avaliação do processo de aprendizagem ou de engajamento dos estudantes. Seu desenvolvimento é constante e a inclusão de novos elementos elétricos são esperados, como fusíveis e conversores.

4.1.3 Acceleration of reinforcement learning via game-based renewal energy management system, 2014

Devido ao longo período dispensado por profissionais na aquisição de habilidades para a operação comercial e técnica de *smart grids* em sistemas de geração de energia renovável, IGUSHI, OGISO e YAMAUCHI (2014) sugere um novo sistema de aprendizado baseado em jogos, com a intenção desenvolver habilidades estratégicas para o gerenciamento do armazenamento de energia e da maximização dos lucros de um *smart grid*.

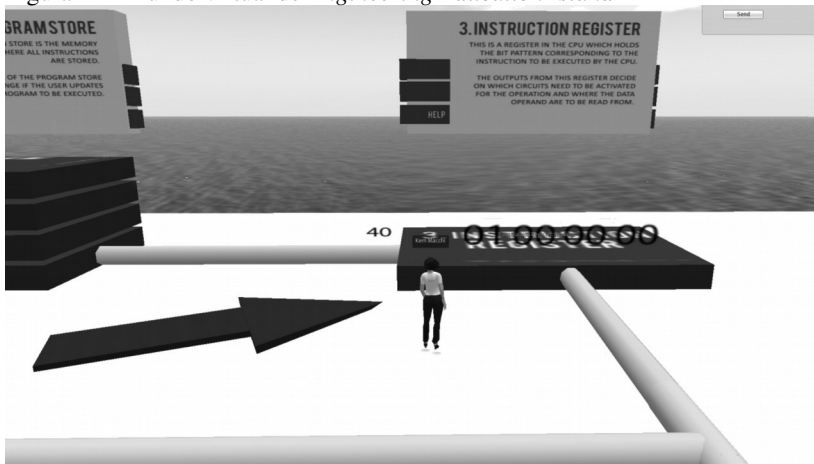
Como esta pesquisa apresenta apenas um modelo de sistema que aplica regras de atuação baseadas em um método de aprendizado supervisionado, o artigo aponta como trabalhos futuros a construção de um sistema de jogo de *smart grid* real em dispositivos Android.

4.1.4 Using Game-Based Learning in Virtual Worlds to Teach Electronic and Electrical Engineering, 2013

A pesquisa de CALLAGHAN et al. (2013) apresenta a proposta de utilização de técnicas de mundos virtuais e jogos na criação de ambientes altamente imersivos para o ensino-aprendizagem de engenharia eletrônica.

O projeto *Engineering Education Island* (Figura 12) foi criado com a finalidade de demonstrar como um mundo virtual imersivo pode ser utilizado para criar uma proposta educacional baseada em jogos para os conteúdos técnicos relacionados à eletrônica, atuando como uma ferramenta de suporte e capaz de complementar os métodos tradicionais.

Figura 12 - Mundo virtual de *Engineering Education Island*



Fonte: CALLAGHAN et al. (2013)

O ambiente foi integrado com sistemas virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem, possibilitando a criação de grupos de estudantes e do trabalho cooperativo durante a solução de exercícios propostos dentro do jogo. Um circuito físico foi integrado ao ambiente, de modo que sua réplica equivalente também poderia ser encontrada no ambiente virtual.

A avaliação da pesquisa foi realizada com foco na identificação da aceitação da plataforma integrada por professores e estudantes, onde obteve-se uma resposta positiva.

4.1.5 Game-based learning using a 3D virtual world in computer engineering education, 2017

Com foco em cursos de engenharia da computação, a pesquisa de XENOS et al. (2017) propõe a utilização de um mundo virtual tridimensional como ambiente de aprendizado focado na conscientização de questões de segurança da informação.

O jogo simula cenários de vulnerabilidades de informação (Figura 13), selecionados pelos usuários livremente, que possibilitam aos estudantes experienciar os riscos de cada cenário, combinando habilidades para superar os respectivos desafios.

Figura 13 - Desafios apresentados pelo jogo virtual



Fonte: XENOS et al. (2017)

Dentre os desafios apresentados pelo jogo, inclui-se o gerenciamento de senhas, *phishing* e *spam*, identificação de fraudes e de perfis falsos em redes sociais.

A avaliação do jogo foi realizada com estudantes de escolas primárias, secundárias e universitários, além de incluir professores, pesquisadores e profissionais da área. Dentre os fatores de avaliação, lista-se: Atratividade, Perspicácia, Eficiência, Dependência, Estimulo e Inovação.

Os pesquisadores obtiveram boas respostas para a efetividade deste tipo de ferramenta para promover a conscientização e aprendizado do tema proposto pelo jogo, sugerindo novas pesquisas na avaliação individual dos cenários e no desenvolvimento de novos desafios dentro do jogo.

4.1.6 Skill development in the wind energy sector: A serious game development approach, 2017

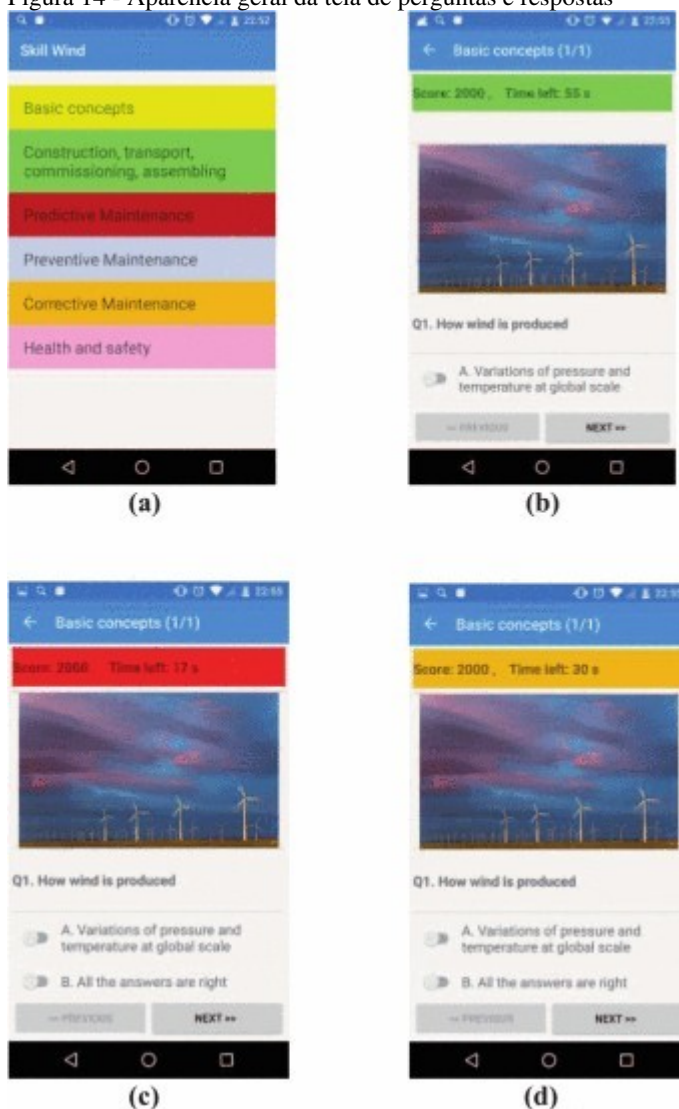
De acordo com TAVAKOLI et al. (2017), as ferramentas apresentadas pela tecnologia da informação e comunicação são indispensáveis para o treinamento de material humano para os novos desafios do setor energético. Dessa forma, sua pesquisa apresenta o projeto de concepção de um jogo sério focado na capacitação de profissionais do setor de energia eólica.

O jogo é baseado na categoria de perguntas e respostas (Figura 14) divididas em diferentes níveis de treinamento e possui outras mecânicas de jogo como: quadro de pontuação, pressão por tempo e elementos informacionais.

Sua implementação foi proposta por meio da plataforma *Xamarin*, capaz de prover aplicações para os três dominantes sistemas operacionais atualmente: *Android*, *Windows* e *iOS*. Também foi avaliado a implementação por meio de aplicação web, que flexibiliza as plataformas de acesso e demanda de conexão com a Internet.

Por tratar-se de um desenvolvimento ainda em fase de planejamento, a pesquisa apresenta apenas recomenda a viabilidade de construção de ferramentas educacionais no processo de apoio à padronização de habilidades profissionais da indústria.

Figura 14 - Aparência geral da tela de perguntas e respostas



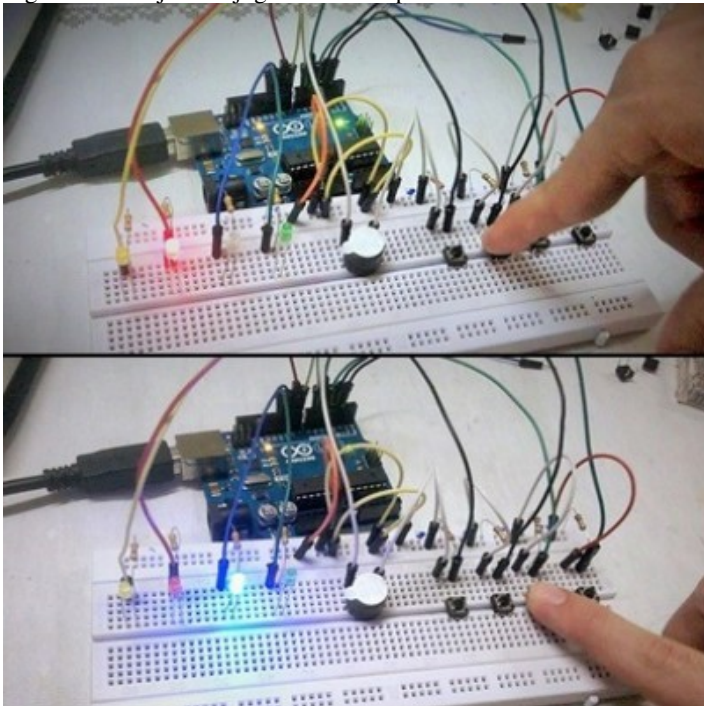
Fonte: TAVAKOLI et al. (2017)

4.1.7 Proposta de Serious Games aplicado ao ensino de eletricidade básica: O Jogo Genius a partir da Plataforma Arduino, 2015

O trabalho de CAVALCANTE et al. (2015) apresenta um jogo da memória conhecido como *Genius*, desenvolvido sobre a plataforma *Arduino*. Esse jogo (Figura 15) possui como finalidade instruir estudantes de maneira lúdica nos conteúdos de eletricidade básica, além de estimular a curiosidade pela plataforma *Arduino*.

O projeto foi apresentado em conjunto com a sua lógica de programação e o processo de montagem à discentes e docentes interessados, de modo que também pudessem entender os assuntos abordados na pesquisa como a plataforma *Arduino*, componentes elétricos/eletrônicos e conceitos físicos atrelados à montagem e funcionamento do projeto.

Figura 15 - Projeto do jogo *Genius* na plataforma *Arduino*



Fonte: CAVALCANTE et al. (2015)

Os utilizadores avaliaram a ferramenta por meio de questionário em escala *Likert*, apresentando sua opinião a respeito das tecnologias utilizadas e de sua efetividade em sala de aula.

De maneira geral, o projeto teve boas avaliações por parte dos estudantes e professores, levando os pesquisadores a sugerirem novas aplicações na plataforma *Arduino* para outros conteúdos relacionados à robótica e automação.

4.1.8 Mapping Learning and Game Mechanics for Serious Games Analysis in Engineering Education, 2017

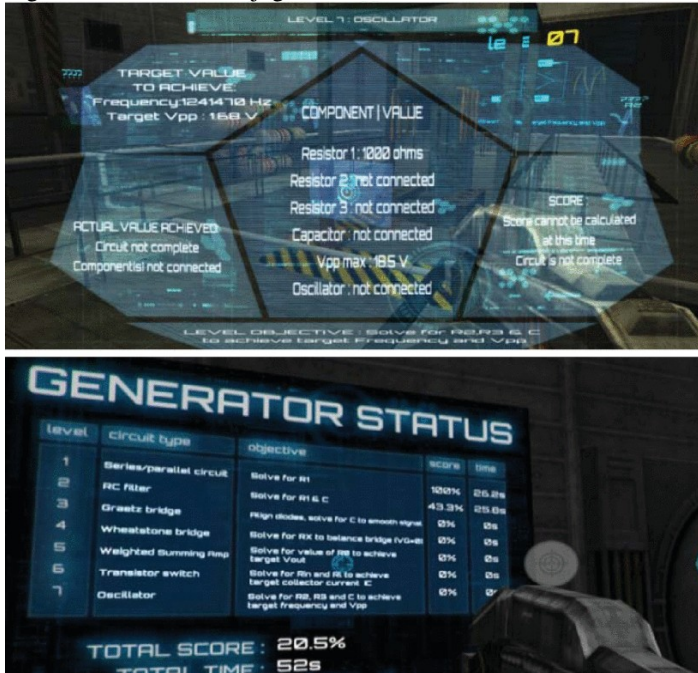
Em uma nova proposta, CALLAGHAN et al. (2017) apresenta uma ampliação da utilização das mecânicas de jogo na implementação do jogo sério *Circuit War Z*. A pesquisa apresenta a fase de desenvolvimento do jogo e a utilização do *Learning Mechanics – Game Mechanics (LM-GM)* como ferramenta de análise e design no processo de desenvolvimento de jogos sérios.

O jogo foi desenvolvido com a proposta de servir como uma ferramenta de ensino-aprendizagem altamente interativa na aquisição de conhecimentos relacionados a sistemas eletrônicos: como resistores, transistores, osciladores, amplificadores, entre outros. O *Circuit War Z* (Figura 16) permite que o estudante resolva os desafios propostos enquanto enfrenta inimigos e interage virtualmente com os circuitos eletrônicos.

Com a finalidade de manter o engajamento dos estudantes, o jogo propõe um enredo e permite que os jogadores avaliem e comparem seu desempenho através das pontuações de cada desafio, baseadas na eficiência das soluções propostas pelo jogador e no tempo dispensado na resolução.

Segundo os autores, a generalização do projeto para outras áreas envolve a identificação de elementos em comum e na criação de um framework genérico para implementação.

Figura 16 - Interface do jogo Circuit War Z



Fonte: CALLAGHAN et al. (2017)

4.1.9 Digital Lockdown: A 3D adventure game for engineering education, 2015

O trabalho de MORSI e MULL (2015), apresenta a concepção de desenvolvimento de um jogo de aventura em um mundo virtual tridimensional que possui como proposta abordar de maneira educacional conceitos como sistema numérico, álgebra booliana, combinação e design lógico no escopo dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação.

O *Digital Lockdown* (Figura 17) foi desenvolvido na plataforma Unity®, e possui ambientação em uma instalação de pesquisa espacial na Lua. Durante o enredo, o jogador/estudante fica preso na instalação e precisa utilizar de seu conhecimento em eletrônica para resolver os desafios apresentados.

Figura 17 - Ambiente virtual do jogo Digital Lockdown



Fonte: MORSI e MULL (2015)

Dentre as mecânicas de jogo apresentadas, destaca-se a utilização de pontuações para os desafios, inimigos que apresentam um desafio no caminho do personagem e a combinação de interação 3D e 2D na resolução dos desafios.

Como próxima etapa da pesquisa, os autores sugeriram a avaliação do projeto e a aleatorização dos desafios gerados pelo jogo.

4.1.10 Gamification of Apollo lunar exploration missions for learning engagement, 2017

Com o objetivo de promover o interesse de estudantes em Ciência, Tecnologia, Engenharias e Matemática, o trabalho de PENG, CAO e TIMALSENA (2017) apresenta o desenvolvimento de um jogo sério 3D sobre as missões lunares *Apollo*.

No contexto do jogo, diversas missões de exploração são apresentadas com a composição multidisciplinar de conteúdos, que incluem o planejamento e transposição de rota, exploração do solo lunar e instalação de equipamentos.

A avaliação da ferramenta foi realizada por 30 voluntários entre 19 e 38 anos, com conhecimento matemático e científico condizente com a dificuldade de resolução dos problemas apresentados no jogo.

O resultado da avaliação foi positivo para a maioria dos participantes, demonstrando a viabilidade do uso desse tipo de tecnologia para a promoção científica. Os autores sugerem ainda, além de uma avaliação mais aprofundada das variáveis de jogo, o desenvolvimento de novas missões e a adaptação dos desafios para atender público de estudantes de ensino básico.

Figura 18 - Tela de jogo da simulação da missão *Apollo*



Fonte: PENG, CAO e TIMALSENA (2017)

4.2 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Os trabalhos listados neste capítulo apresentam diferentes estudos experimentais a cerca da utilização de jogos sérios em ambiente educacional. A presente pesquisa difere-se destes por sugerir a utilização deste tipo de ferramenta em ambientes formais voltados para o ensino de sistemas fotovoltaicos, com foco na apresentação dos conteúdos através de um jogo imersivo desenvolvido com metodologias e modelos específicos para a atividade educacional. Os capítulos que seguem a seguir apresentam a metodologia utilizada pela pesquisa para o desenvolvimento deste jogo e sua aplicação prática, seguido pelos resultados e conclusões obtidas durante o processo.

5 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os processos metodológicos utilizados na pesquisa, que podem ser divididos em três fases: definição da pesquisa; desenvolvimento do jogo sério; e definição e coleta de avaliação.

5.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA

A definição teórica desta pesquisa pode ser realizada por meio da caracterização das suas principais atividades e são apresentados pelo Quadro 3.

Quadro 3 - Características Metodológicas

Área de Conhecimento	Interdisciplinar
Natureza	Aplicada
Objetivos	Descritiva
Procedimento Técnico	<i>Survey</i>
Abordagem dos Dados	Quantitativa
Tipo	Pesquisa de Campo e Experimental

Fonte: Do Autor (2018)

Por tratar-se de um trabalho que estabelece relações entre dois ramos de conhecimento, esta pesquisa classifica-se como interdisciplinar às áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação; Educação e Engenharias.

A aplicação desenvolvida pela pesquisa possui como objetivo reconhecer elementos práticos e seus objetivos foram estabelecidos com a finalidade de prover descrições das características de utilização de um jogo sério desenvolvido com foco em sistemas fotovoltaicos.

A utilização de um questionário para a coleta de dados e posterior análise realizada após os testes do jogo junto aos estudantes classifica a pesquisa como *Survey*. A abordagem dos dados dessa coleta foram majoritariamente quantitativos, dado que as questões são fechadas e em escala *Likert* de seis níveis.

Por fim, em função da natureza do processo de coleta de dados ter ocorrido em ambiente natural de estudo (laboratórios da universidade) e do desenvolvimento do jogo em ambiente controlado e

sob metodologia previamente definida, a pesquisa apresenta viés de pesquisa de campo e experimental.

Nesta primeira fase, também foram realizadas buscas sobre a bibliografia existente no estado da arte sobre a aplicação de jogos sérios na área educacional das engenharias, já apresentadas no capítulo anterior.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO JOGO SÉRIO

O desenvolvimento do jogo foi realizado com o amparo de metodologias específicas para o desenvolvimento de jogos eletrônicos, quando não especificamente para jogos sérios, também apresentadas no Capítulo 2.

5.2.1 Definição do Enredo

A primeira etapa do desenvolvimento de jogo foi a criação do enredo do jogo a partir do *Heuristic Framework* proposto por DICKEY (2006).

O Quadro 4 demonstra como o *Heuristic Framework* foi implementado no desenvolvimento do jogo sério, elencando os principais elementos sugeridos pelo modelo.

Quadro 4 - Implementação do *Heuristic Framework*

Etapa	Elemento	Descrição
1	Desafio Inicial	O jogador deve reestabelecer o funcionamento de plantas de energia solar fotovoltaica
2	Desafios	Três estágios não lineares com tarefas relativas aos painéis fotovoltaicos. Ao completar os três estágios, o jogador enfrenta um desafio final no mesmo estilo dos demais.
	Obstáculos	Os invasores alienígenas representam o maior obstáculo aos objetivos do jogador em todos os estágios. Eles atacam fisicamente o jogador quando estão em distância mínima.
	Recursos	O jogador utiliza armamento capaz de

Etapa	Elemento	Descrição
		reprimir os inimigos, limpar painéis solares e apagar incêndios. Também há a presença de maletas de energia que ajudam a repor a saúde do personagem.
3	Papéis	O jogador assume o papel de um engenheiro militar responsável pelo controle dos invasores e pelo reestabelecimento das plantas fotovoltaicas
4	Dimensão Física	Pontos distintos do planeta Terra, especificamente: Brasil, Irlanda do Norte e outros pontos aleatórios do globo.
	Dimensão Temporal	A narrativa passa-se em um futuro não especificado, onde a tecnologia de geração de energia elétrica terrestre é majoritariamente fotovoltaica.
	Dimensão Ambiental	Os cenários do jogo são apresentados levando em consideração as características dos países onde estão localizados, buscando maior realismo.
	Dimensão Emocional	O personagem não possui diálogos ou aparência, de modo que o jogador possa apropriar-se inteiramente da visão do personagem.
	Dimensão Ética	O jogador utiliza armamento defensivo e não tem como objetivo a supressão dos invasores. Sua arma apenas afasta os alienígenas, dado que suas intenções na terra são desconhecidas para o jogador.

Etapa	Elemento	Descrição
5	História	Após uma grande crise energética, a geração fotovoltaica a principal fonte de energia elétrica terrestre. Durante este período de transição, uma desconhecida raça alienígena invade o planeta em busca do controle das estações de energia. De forma a reestabelecer o controle das estações e suprimir o ataque, um engenheiro militar deve ajudar na tarefa de resolver os problemas das plantas de energia afetadas.
6	Sequências	A narrativa é elaborada por caixas de texto na interface do jogador e pequenos diálogos durante o jogo.

Fonte: Do Autor (2018)

Dessa forma, estabeleceu-se os elementos principais para a criação dos cenários, personagens e contextualização do jogo.

5.2.2 Core Loop

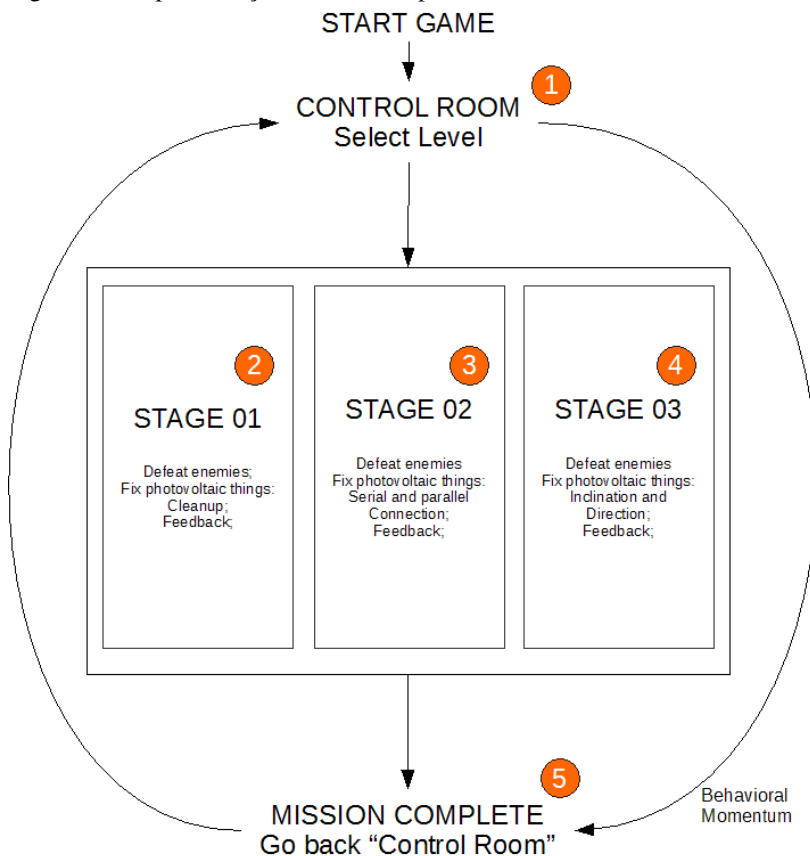
Após a definição dos elementos contextuais do jogo, o avanço do desenvolvimento foi realizado com a definição do processo central do jogo, o chamado *core loop*, uma estrutura de design de jogo que representa uma abstração do principal laço de iterações pelo qual o jogador percorre dentro da mecânica de jogo (SICART, 2015).

O delineamento do *core loop* do jogo tem como objetivo não só auxiliar na etapa de desenvolvimento e organização dos processos do jogo, mas também facilitar a percepção dos aspectos educacionais ao decorrer deste processo. A Figura 19 apresenta o *core loop* do jogo desenvolvido.

O principal objetivo do jogo é restaurar o funcionamento das plantas de energia solar fotovoltaica em cada um dos três principais estágios. Sendo assim, o *core loop* do jogo perpassa a interação entre a sala de controle (local de seleção dos estágios) e os principais estágios. Após cada estágio completo, o jogador pode voltar à sala de controle, onde seleciona um novo cenário, até que todos tenham sido completados.

Esta estrutura foi importante para efetivar o processo de criação dos estágios e manter a jogabilidade sempre baseada em uma estrutura maior.

Figura 19 - Implementação do Core Loop



Fonte: Do Autor (2018)

O estágio final não foi incluído nesta mecânica pois foi desenvolvido como uma extensão do *core loop* principal. Este tipo de inclusão pode ser observada em jogos como o *Minecraft*, onde a inclusão de novos elementos não altera a estrutura principal da jogabilidade (SICART, 2015).

O *core loop* também se fez importante para a definição das mecânicas de jogo subordinadas, que foram definidas por meio de um modelo específico para jogos sérios, apresentado na próxima seção.

5.2.3 Sobre o LM-GM

Com a intenção de estabelecer relações entre a camada de jogo e a educacional, utilizou-se o *Learning Mechanics – Game Mechanics* (LM-GM) com a finalidade de identificar e destacar, por meio de conjuntos de mecânicas de jogabilidade e de aprendizado, os principais aspectos pedagógicos e de entretenimento do jogo e suas respectivas inter-relações.

O Quadro 5 apresenta a primeira etapa da elaboração do LM-GM, a definição das mecânicas de jogo. Estas mecânicas foram vinculadas à fase do jogo no qual podem ser encontradas, de acordo com o *core loop* produzido anteriormente.

Quadro 5 - Mecânicas de Jogo

Mecânica de Jogo	Descrição	Fase
Comportamento	O jogador pode escolher entre três estágios com diferentes objetivos	Todo o jogo
Informação	As informações sobre a missão são repassadas por meio da interface do jogo e de diálogos na tela	2 ao 4
História	O enredo do jogo é apresentado por meio de diálogos	1 ao 5
Planejamento	O jogador pode selecionar a ordem de jogo dos estágios, ou seguir uma sequência automática pré-determinada.	1
Recursos Gerenciamento	O jogador possui uma quantidade limitada de saúde, que é diminuída cada vez que é atingido por um inimigo. A recarga da vida é realizada por maletas de energia. Outro recurso gerenciável é a energia gerada pelas plantas fotovoltaicas, que precisam ser restauradas.	2 a 4
Compromisso	Defender as estações de energia da Terra para garantir a sobrevivência da humanidade	5
Eliminação	Eliminar os alienígenas invasores	2 ao 4

Mecânica de Jogo	Descrição	Fase
Pontos de Ação	<p>Sala de controle: O jogador pode escolher o estágio na cabine de teletransporte.</p> <p>Estágio 01: defender-se dos inimigos e realizar a limpeza da planta fotovoltaicas</p> <p>Estágio 02: Defender-se dos inimigos e refazer as ligações elétricas da planta</p> <p>Estágio 03: Defender-se dos inimigos e ajustar as posições dos módulos conforme a posição da planta fotovoltaica.</p>	1 ao 4
Níveis	Três estágios com objetivos distintos que podem ser selecionados automaticamente ou manualmente pelo jogador	2 ao 4
Comentário	Os valores de tensão e corrente elétricas que estão sendo gerados em cada planta são representados na tela por mostradores visuais	1 ao 5
Movimentação	Na central de comando há um teletransporte para movimentação entre os estágios. Demais movimentos tradicionais de teclado e mouse para o personagem controlado.	1 ao 5
Realismo	Ambientação futurística, porém adequada à realidade física.	1 ao 5
Tutorial	Ao iniciar a partida, o jogador é informado dos comandos para realizar a movimentação do personagem, as teclas para interagir com o ambiente e objetos. Assim ele é orientado na interação com os painéis fotovoltaicos.	1
Competição	O jogo gera um ranking dos tempos e pontuação atingidos pelo jogador	5
Prêmios / Penalidades	Caso a vida do jogador chegue a zero, o estágio precisa ser reiniciado.	2 ao 4

Mecânica de Jogo	Descrição	Fase
Estado	A condição física (saúde) do personagem é abalada pelo dano causado pelos alienígenas	1 ao 4

Fonte: Do Autor (2018)

Este primeiro quadro descreve, em ordem arbitrária, as mecânicas de jogo que foram implementadas no jogo. Essas mecânicas refletem de maneira geral as implementações técnicas do jogo, auxiliando no processo de desenvolvimento e definindo o comportamento dos objetos e personagens.

Além das mecânicas de jogo, também foram definidos as mecânicas de aprendizado, apresentadas no Quadro 6, que possuem como objetivo listar as principais propostas pedagógicas exploradas pelo jogo sério.

Quadro 6 - Mecânicas de Aprendizado

Mecânica de Aprendizado	Descrição	Fase
Instrucional	Elementos de interface instruem o jogador para seus objetivos e interações no cenário	1 a 4
Orientação	Os diálogos apresentados em tela podem guiar o jogador para os objetivos durante os níveis	1 a 4
Tarefas	Sala de controle: O jogador pode escolher o estágio na cabine de teletransporte. Estágio 01: defender-se dos inimigos e realizar a limpeza da planta fotovoltaicas Estágio 02: Defender-se dos inimigos e refazer as ligações elétricas da planta Estágio 03: Defender-se dos inimigos e ajustar as posições dos módulos conforme a posição da planta fotovoltaica.	2 a 4

Mecânica de Aprendizado	Descrição	Fase
Observação	<p>Estágio 1: Observação dos valores conforme se limpa os módulos.</p> <p>Estagio 2: Observação dos valores conforme se reconecta os módulos.</p> <p>Estagio 3: Observação dos valores conforme se reconfigura os módulos.</p>	2 a 4
Comentários	Durante os estágios, o jogador pode acompanhar os valores de tensão e corrente sendo gerados a cada momento. Cada ajuste realizado provoca a mudança nos valores de geração fotovoltaica	2 a 5
Exploração	Cada cenário encontra-se em uma determinada parte do globo terrestre. O jogador deve explorar estes locais e realizar a tarefa proposta	1 a 4
Identificação	Identificar os problemas nos estágios e corrigir conforme estudado pelo jogador	2 a 4
Planejamento	O jogador pode percorrer os estágios por meio de sua própria ordem	1
Hipótese	<p>Cada estagio possui um problema de sistemas fotovoltaicos:</p> <p>Estagio 01: Limpeza dos módulos.</p> <p>Estagio 02: Configuração em série e paralela.</p> <p>Estagio 03: Inclinação e direção do modulo conforme posição geográfica.</p>	2 a 4
Experimentação	Experimentação da hipótese formulada em cada estágio	2 a 4
Repetição	O jogador precisa reiniciar o jogo caso a vida do personagem chegue a zero.	2 a 4

Mecânica de Aprendizado	Descrição	Fase
Tutorial	Um tutorial no início do jogo apresenta os objetivos e mecânicas de jogo na sala principal	1
Competição	Comparação dos resultados do jogador por meio de uma classificação no menu principal	2 a 5
Motivação	Salvar o planeta	Todo o jogo
Responsabilidade	Zelar pela saúde do personagem e comprometer-se com a missão principal atrelada ao enredo do jogo.	2 a 4

Fonte: Do Autor (2018)

Estas mecânicas de aprendizado descrevem os elementos pedagógicos incorporados pelos objetos e personagens dentro do jogo. Esta descrição é importante para determinar que tipos de comportamentos são esperados e como estes elementos interagem com o jogador.

Por fim, as mecânicas de jogo e de aprendizado foram correlacionadas de forma a apresentar a relação entre as duas grandes estruturas e tornar perceptível a relação entre elementos técnicos e educacionais. O Quadro 7 apresenta a relação percebida entre as duas características.

Quadro 7 - Definição do LM-GM

Mecânicas de Jogo	Mecânicas de Aprendizado
História	Motivação
Prêmios / Penalidades	
Realismo	
Informações	Guia
Estado	Responsabilidade
Níveis	Repetição
	Identificação
	Hipóteses
	Experimentação

Mecânicas de Jogo	Mecânicas de Aprendizado
Eliminação	Tarefa
Pontos de Ação	
Comentários	Comentários
Movimentação	Exploração
Tutorial	Tutorial
	Instrução

Fonte: Do Autor (2018)

O relacionamento das mecânicas expôs formas de simplificar o desenvolvimento do jogo e da jogabilidade, de modo que fosse orientada a incentivar o aprendizado do jogador.

Com a finalização do LM-GM, iniciou-se a etapa de construção da documentação do jogo, necessária para o processo de desenvolvimento.

5.2.4 Sobre o Game Document Design

Como etapa importante no processo de desenvolvimento de jogos, a concepção do *Game Document Design* (GDD) foi realizada após a definição completa das etapas anteriores. O GDD é responsável pela documentação dos principais conceitos de design, como a história, jogabilidade, cenas, arte e outras características indispensáveis para a construção do jogo. Esta documentação tem como função atuar como um meio de comunicação entre os envolvidos no projeto e manter uma recordação das suas decisões (SCHELL, 2014).

O GDD foi utilizado para aprofundar a história do jogo e definir o cenário dos três estágios: Brasil, Irlanda do Norte e Área25. As características de arte de cada um destes estágios foi definida de acordo com sua localização e seus principais objetivos. Além disso, também foram definidos nessa etapa a arte e a atuação dos inimigos do jogador durante os estágios.

Um quarto estágio foi elaborado ao final da produção do GDD de forma a estabelecer uma conclusão mais elaborada para o jogo, buscando recompensar o jogador com um desafio de maior dificuldade, porém mais gratificante.

O documento também previu a inclusão da inserção de uma pontuação e dos créditos ao final do jogo, que posteriormente foram produzidos em forma de cinemática.

5.2.5 Sobre ferramentas e sites de arte

O desenvolvimento da lógica do jogo foi realizado integralmente utilizando-se dos recursos nativos do motor de desenvolvimento utilizado, neste caso, utilizando-se de *scripts* na linguagem C# e das bibliotecas padrão da linguagem e do motor Unity®.

Para a criação da arte do jogo, no entanto, foram utilizadas outras ferramentas e recursos externos. A arte do jogo consiste nas interfaces texturas, materiais e modelos tridimensionais utilizados na criação do jogo. A maior parte do conteúdo foi encontrado na loja da Unity® ou de outros sites como o *Open Game Art* (OPEN GAME ART, 2018). Todo conteúdo utilizado estava licenciado sob licenças permissivas e gratuitas (que permitem a reprodução do material para, no mínimo, casos não-comerciais) ou de domínio público.

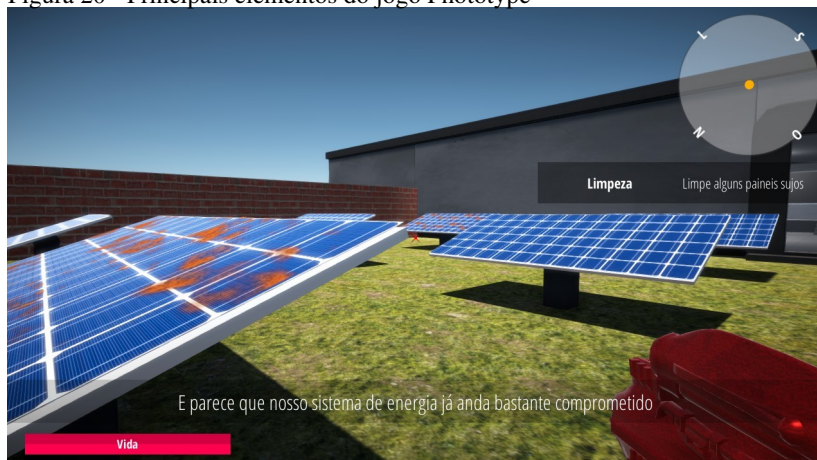
Além disso, alguns modelos de objetos do jogo foram produzidos por meio do software para modelagem tridimensional Blender®, com a finalidade de adequar a arte do jogo à ambientação futurística e otimizar o desempenho final do jogo.

5.2.6 Produção do Jogo Digital

O processo de elaboração do jogo e sua consequente produção na ferramenta Unity® resultou no jogo denominado Phototype, que seguiu as metodologias expostas neste capítulo. A Figura 20 apresenta o personagem em primeira pessoa e os principais elementos de tela encontrados no jogo. É possível perceber nesta cena os painéis fotovoltaicos com os quais o jogador pode interagir, os objetivos atuais do cenário, a barra de saúde do jogador (vida), uma bússola para orientação (necessária para corrigir a orientação dos painéis fotovoltaicos), além de um diálogo que realiza o papel de orientar o jogador e promover um maior nível de engajamento.

No total, foram desenvolvidos cinco estágios, incluindo um nível inicial e outro final. Em cada estágio o jogador possui diferentes conhecimentos a serem aplicados para restaurar o funcionamento das plantas de geração de energia solar fotovoltaica.

Figura 20 - Principais elementos do jogo Phototype



Fonte: Do Autor (2018)

No primeiro estágio com o qual entra em contato, a **Sala de Controle**, o jogador recebe as primeiras instruções sobre os principais elementos do jogo e a movimentação do personagem. É nesta etapa onde realiza-se o tutorial com o objetivo de ilustrar, por exemplo, como interagir com os painéis fotovoltaicos. O jogador também pode escolher pular esta etapa e seguir diretamente para a sala de teletransporte, caso tenha selecionado pular o tutorial no menu inicial do jogo.

Após completar, ou saltar, os objetivos do último estágio, o jogador pode seguir então para um dos três estágios do jogo, localizados em regiões distintas da terra e que podem ser observados por meio de um mapa na sala de teletransporte. É importante destacar que a seleção destes estágios não é linear, ficando a cargo do jogador selecionar a sequência mais adequada e, inclusive, repetir estágios já finalizados.

No cenário localizado no **Brasil**, a função do jogador passa por limpar painéis fotovoltaicos em três *strings*, ressaltando a importância deste aspecto para a geração eficiente de energia elétrica. No cenário localizado na **Irlanda do Norte**, a função do jogador é restaurar a ligação elétrica entre as *strings* fotovoltaicas danificadas. No cenário denominado **Área 25**, o objetivo é realinhar os painéis fotovoltaicos de forma que voltem a gerar energia próximo da sua capacidade máxima.

Ao finalizar os três cenários, o jogador é automaticamente enviado para o **Desafio Final**, um estágio onde o objetivo é derrotar um inimigo alienígena utilizando-se de um canhão laser, suprido por painéis

fotovoltaicos. Neste estágio, o jogador faz uso da mecânica presente nos três estágios anteriores para carregar o canhão e finalizar o jogo.

O jogador pode interagir com qualquer painel fotovoltaico acessando seu menu principal (Figura 21), que fornece dados como tensão e corrente gerados, nível de limpeza e incidência solar. Além disso, é possível alterar a inclinação e orientação do painel, de modo a garantir uma maior eficiência de acordo com a posição geográfica na qual o personagem encontra-se.

Figura 21: Configuração do painel fotovoltaico no jogo Phototype

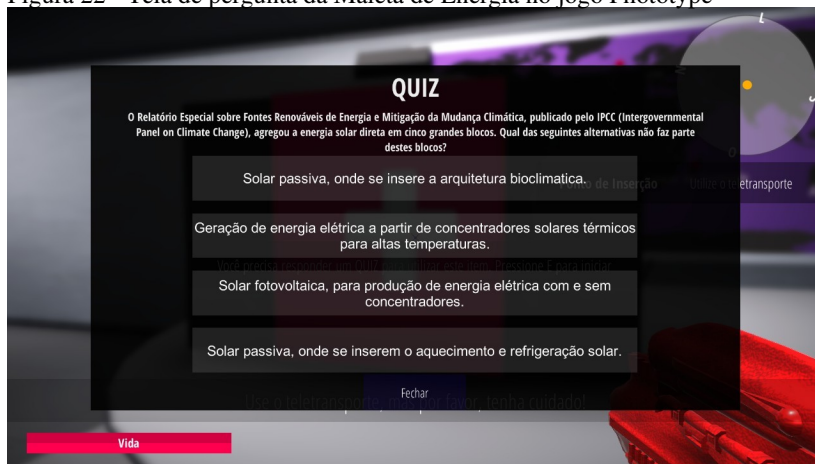


Fonte: Do Autor (2018)

Em todos os cenários, com exceção da Sala de Controle, o jogador enfrenta inimigos alienígenas que atacam o jogador quando este entra em seu campo de visão, criando um nível maior de dificuldade para que o jogador conquiste seus objetivos. Ao ser atingido pelo inimigo, o jogador perde pontos em sua barra de saúde, que ao chegar a zero, obriga o jogador a reiniciar o cenário desde o começo.

Os inimigos rechaçados pelo jogador possuem uma chance aleatória de deixarem um item chamado Maleta de Energia, cujo a função é recuperar a saúde do jogador. No entanto, para que a função deste item seja aproveitada, é necessário que o jogador responda uma pergunta sorteada aleatoriamente pelo sistema, dentro do contexto de sistemas fotovoltaicos (como observado na Figura 22). Dessa forma, o jogador tem sua jogabilidade facilitada caso tenha êxito em responder as questões apresentadas.

Figura 22 - Tela de pergunta da Maleta de Energia no jogo Phototype



Fonte: Do Autor (2018)

Ao finalizar todos os estágios, incluindo o Desafio Final, o jogador é recompensado com uma animação ao final, com a sequência de créditos do jogo. Nesta mesma animação, o jogo informa três características de desempenho técnico: Número de alienígenas dominados; Quantidade de energia gerada; e Tempo total de jogo. Cada uma das características gera uma pontuação que é armazenada ao final da partida, podendo ser compartilhada e comparada com outros jogadores.

Maiores detalhes e figuras sobre o jogo podem ser encontradas ao final desta dissertação, no APÊNDICE B – Documentação do Jogo Sériu Phototype.

5.3 AVALIAÇÃO

A avaliação do jogo foi realizada após a identificação do grupo e definição dos instrumentos da avaliação. Foram utilizados diferentes instrumentos de forma a permitir uma avaliação mais aprofundada de dois grupos distintos.

5.3.1 Os grupos

A amostra a ser utilizada para a avaliação do protótipo foi selecionada conforme os critérios de identificação da população-alvo do

tema do jogo sério: estudantes e profissionais técnicos interessados na área de sistemas fotovoltaicos.

Constatou-se a impossibilidade de realizar a avaliação com todos os elementos dessa população em razão de parte da população ainda ser hipotética e infinita, dado o crescimento esperado da área de jogos sérios e dos profissionais de sistemas fotovoltaicos, e formada por material contínuo, que impossibilita a realização de amostragens rigorosas. Dessa forma, optou-se pela amostragem não-probabilística, capaz de prover, em diversos casos, resultados equivalentes aos de amostras probabilísticas (MANZATO; SANTOS, 2012).

Foram selecionados dois grupos pertencentes às turmas de graduação em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, caracterizados nesta pesquisa como pertencentes ao público-alvo do jogo sério desenvolvido.

O primeiro grupo (denominado agora de grupo iniciante) foi composto de 12 (doze) estudantes das primeiras fases do curso de Engenharia de Energia que ainda não cursaram a disciplina específica do curso em sistemas fotovoltaicos. Esses estudantes possuíam pouco ou inexpressivo conhecimento teórico sobre sistemas fotovoltaicos.

O segundo grupo (denominado agora de grupo avançado) foi composto por 6 (seis) estudantes das fases finais do curso de Engenharia de Energia, finalizantes da disciplina de sistemas fotovoltaicos. Estes estudantes foram selecionados devido ao seu conhecimento teórico na disciplina de domínio do jogo sério.

Assim, pretendeu-se por meio de dois grupos distintos verificar também diferenças de percepção da ferramenta desenvolvida acarretadas pelo contraste de conhecimento teórico na disciplina entre os dois grupos.

Como destacado pelo quadro abaixo, outro fator relevante na pesquisa é a diferença de idade entre ambos os grupos: enquanto a média do grupo iniciante é de 18,75 anos, a do grupo avançado gira em torno de 23,8 anos de idade, como apresentado pelo Quadro 8.

Quadro 8 - Características dos Participantes

Grupo	Número de Participantes	Conhecimento Teórico	Média de Idade	Masculinos / Femininos (%)
Grupo iniciante	12	Inexperiente	18,75 anos	58% / 42%
Grupo avançado	6	Experiente	23,8 anos	33% / 67%

Fonte: Do Autor (2018)

O processo de avaliação do jogo sério foi realizado pela utilização de três instrumentos aplicados a dois grupos de utilizadores.

5.3.2 Instrumento – Questionário

O primeiro instrumento de avaliação utilizado foi um questionário aplicado após a utilização do jogo pelos estudantes, com o objetivo de verificar, de forma qualitativa, a percepção dos utilizadores em relação aos aspectos de fixação do conteúdo e de jogabilidade.

O questionário foi desenvolvido levando em consideração aspectos relacionados à demografia, experiências anteriores, satisfação e experiência de jogo, sugeridas por MAYER et al. (2014) como características importantes para o processo de avaliação de jogos sérios. Este instrumento teve como foco características inerentes ao pré-jogo e pós-jogo, que procuram relacionar a ação de jogo com as particularidades dos jogadores.

O Quadro 9 relaciona as 13 (treze) características selecionadas para avaliação.

Quadro 9 - Características da avaliação

Tipo de Característica	Característica	Descrição
Critérios Demográficos	Idade	Idade do estudante.
	Curso	Curso ao qual pertence.
	Sexo	Sexo do estudante.
	Fase	Fase ao qual pertence.

Tipo de Característica	Característica	Descrição
Critérios de Experiência	Tenho experiência no uso de jogos eletrônicos para entretenimento.	Busca esclarecer se o estudante já possui familiaridade com jogos eletrônicos em geral.
	Já utilizei jogos eletrônicos como uma ferramenta para estudo.	Identifica se o estudante já utilizou jogos como uma ferramenta de estudo, ainda que desconheça o conceito de jogos sérios.
	Sinto-me confortável com os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos?	Identifica a familiaridade do estudante com os conceitos teóricos apresentados pela disciplina de sistemas fotovoltaicos.
Critérios de Jogo	Os objetivos no jogo são facilmente compreendidos pelo jogador.	Verifica se os objetivos estabelecidos no jogo (missões) são de fácil compreensão para o jogador.
	A história do jogo é bem apresentada e de fácil compreensão.	O nível de facilidade no entendimento do enredo do jogo por parte do jogador.
	A interação com os elementos do jogo (painéis, telas, menus) é fácil e intuitiva.	Revela a compreensão do jogador com relação aos elementos de interação do jogo e a facilidade de utilização das interfaces gráficas.
	A linguagem utilizada no jogo é de fácil entendimento.	Apresenta o entendimento dos jogadores em relação à linguagem verbal utilizada no jogo, seja em diálogos ou caixas de texto.
	Não encontrei erros relacionados ao jogo do início ao fim.	Identifica com que frequência os jogadores encontraram erros técnicos no jogo durante a sessão de jogo.

Tipo de Característica	Característica	Descrição
Critérios de Aprendizado	Por meio da utilização do jogo foi possível explorar os conceitos de sistemas fotovoltaicos.	Indica o quão fácil foi para o jogador identificar e explorar conceitos relacionados à disciplina de sistemas fotovoltaicos.
	O jogo é útil para a fixação do conteúdo sobre sistemas fotovoltaicos.	Identifica a satisfação do jogador em relação à utilização de um jogo no processo de fixação do conteúdo.
	As informações e ambientação apresentada pelo jogo são suficientes para o reconhecimento dos elementos sobre sistemas fotovoltaicos.	Procura perceber o quão fácil foi para o jogador identificar os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos a partir das informações apresentadas na interface e no ambiente de jogo.
	Os conhecimentos exigidos pelo jogo são complicados demais.	Verifica a distância entre o conhecimento prévio do jogador e os conhecimentos exigidos pelo jogo sério.
	A fixação dos conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos foi divertida e prazerosa.	Revela o quão prazeroso foi para o estudante utilizar um jogo sério como ferramenta para fixação do conteúdo de sistemas fotovoltaicos.

Fonte: Do Autor (2018)

As características referentes aos critérios demográficos foram deixadas de forma aberta, enquanto as características de experiência, aprendizado e de jogo são afirmativas e foram delimitadas em escala *Likert*, com cinco níveis: discordo, discordo parcialmente, indiferente, concordo parcialmente e concordo.

5.3.3 Instrumento – Game Analytics

Um outro instrumento foi utilizado para a observação das características de desempenho dos jogadores durante a execução do jogo, coletando informações sobre a performance dos jogadores em atributos exclusivamente relacionados ao jogo.

A ferramenta GameAnalytics® (GAME ANALYTICS, 2018) foi utilizada em conjunto com o motor de jogo Unity®. Essa ferramenta foi escolhida para a coleta de dados dentro do jogo por tratar-se de um software gratuito de fácil configuração capaz de gerenciar e processar eventos registrados pelos jogadores através da web. Outra característica importante do GameAnalytics® é a capacidade de exportar os dados em formato interoperável com outras ferramentas de análise de dados, característica não presente de forma gratuita em outras ferramentas similares como o UnityAnalytics® e Firebase®. A exportação desses dados pode ser realizada em formato *JavaScript Object Notation* (JSON), de forma que o resultado da pesquisa possa ser analisado facilmente por outras ferramentas e pesquisadores. A ferramenta possui um *Software Development Kit* (SDK), um software que facilita a interação com os servidores do GameAnalytics®. O SDK possui a capacidade de customização dos eventos e métricas utilizados na avaliação do jogo. O Quadro 10 apresenta as principais características que foram coletadas durante a execução do jogo.

Quadro 10 - Eventos coletados pelo Game Analytics®

Evento	Descrição
AverageFPS	Média de quadros por segundo do jogo
CriticalFPS	Evento disparado quando a média de quadros por segundo é menor do que 15
Death	O jogador foi eliminado
Kill	Um inimigo foi morto pelo jogador
ExpertMode	O jogador selecionou o modo sem tutorial
TutorialMode	O jogador selecionou o modo com tutorial
CorrectAnswer	Um quiz foi respondido corretamente
WrongAnswer	Um quiz foi respondido incorretamente
Teleport	O jogador teleportou-se para um estágio (acompanha o número do estágio)

Evento	Descrição
ErrorEvent	Um erro técnico foi identificado no jogo
AttemptStage	Um novo objetivo foi iniciado (acompanha o número do estágio e do objetivo)
CompleteStage	Um objetivo foi completado (acompanha o número do estágio e do objetivo)
FinalScorePower	Pontuação final da quantidade de energia gerada pelo jogador
FinalScoreTime	Pontuação final do tempo gasto pelo jogador
FinalScoreAlien	Pontuação final dos inimigos dominados pelo jogador

Fonte: Do Autor (2018)

Cada evento é disparado após a ocorrência dos critérios estabelecidos no jogo e sincronizado com os servidores do GameAnalytics® desde que o jogador possua conexão com a Internet. Em caso de limitações na conexão, os dados são armazenados para sincronização posterior. Além dos eventos, o SDK também realiza a coleta de métricas que permitem identificar a duração média das sessões de jogo, número de sessões e quantidade de jogadores em um determinado intervalo de tempo.

É importante destacar que as informações armazenadas durante o jogo não foram individualizadas durante o tratamento dos eventos, ou seja, nenhum dos dados recebidos foi identificado com dados pessoais do jogador.

5.4 APLICAÇÃO EM LABORATÓRIO

A aplicação do jogo foi realizada para ambos os grupos de maneira presencial em laboratórios do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina, em conjunto com um curso online massivo sobre sistemas fotovoltaicos. O jogo fez parte de um dos exercícios disponibilizados pelo curso online, de modo que os estudantes foram instruídos a realizarem outras atividades disponíveis no ambiente virtual antes da execução do jogo sério. A Figura 23 apresenta um dos momentos de aplicação em laboratório.

Figura 23 - Aplicação do jogo em laboratório



Fonte: Do Autor (2018)

Os grupos foram acompanhados em momentos distintos, e foram instruídos sobre a utilização da plataforma do curso e sobre o enredo e ambientação do jogo sério.

Para o grupo iniciante, com menos conhecimento teórico no tema, foram apresentadas questões pertinentes da área com o objetivo de informar os estudantes dos principais desafios e motivações da área e instigá-los à utilização do curso e do jogo sério.

O grupo avançado concluiu as atividades do curso online com maior rapidez e pode iniciar o jogo sério com maior antecedência comparado ao grupo iniciante. Dessa forma, foi necessário apenas um dia para a finalização da experiência neste grupo. Ainda que nem todos os participantes tenham conseguido alcançar o final do jogo, todos visitaram os três estágios principais do enredo.

A experiência do grupo iniciante foi mais longa e exigiu dois dias para que todos os estudantes pudessem completar o curso online e utilizar o jogo sério.

5.5 A COLETA E PREPARAÇÃO DOS DADOS

Após a utilização do jogo sério em tempo razoável para percorrer os três principais estágios, foi solicitado aos estudantes que respondessem o questionário previamente apresentado neste capítulo, com o objetivo de avaliarem os principais aspectos do jogo e da sua própria experiência de uso. As respostas foram realizadas por um recurso de questionário dentro do próprio ambiente virtual onde utilizaram o curso online sobre sistemas fotovoltaicos. Todos os questionários foram posteriormente exportados para análise.

Os dados coletados a partir da plataforma GameAnalytics® foram verificados e exportados para o formato JSON para sua posterior análise. Não houve, no entanto, nenhum cruzamento individual entre os dados coletados nos questionários e os dados coletados no GameAnalytics®.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como exposto pela metodologia deste trabalho, a etapa de desenvolvimento do jogo sério foi precedida pela aplicação do mesmo junto à estudantes do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina. Essa aplicação teve como objetivo avaliar a usabilidade do jogo e o nível de aprovação dos estudantes sobre o uso da ferramenta educacional para fixação de conhecimentos técnicos.

Os estudantes realizaram a experimentação do jogo após uma pequena introdução de sua ambientação e seus objetivos. As duas turmas selecionadas para a avaliação foram recepcionadas de maneira separada, em horários distintos.

Ambos os grupos possuíam diferentes níveis de conhecimento teórico sobre sistemas fotovoltaicos, de forma que esta seção apresenta os resultados apresentados pelo grupo iniciante e avançado como forma de perceber possíveis diferenças e integrar possíveis resultados.

6.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Após um período de utilização do jogo, os estudantes responderam um questionário com perguntas sobre sua familiaridade com jogos e o assunto abordado, sua experiência específica com o jogo sério e sua percepção da aplicação como ferramenta educacional. O questionário foi dividido em 4 seções: perfil demográfico, critérios de experiência, critérios de jogo e critérios de aprendizado.

6.1.1 Perfil Demográfico dos Grupos

A primeira turma a utilizar o jogo sério foi a turma de estudantes das fases iniciais do curso de Engenharia de Energia, que ainda não passaram pela disciplina de Energia Solar Fotovoltaica e não possuíam conhecimento teórico dos conteúdos abordados pelo jogo. Este grupo passou por uma breve introdução ao tema antes de iniciar o jogo.

Já a segunda turma era composta de estudantes em fase de conclusão da disciplina de Energia Solar Fotovoltaica e próximos da conclusão do curso. O perfil geral das turmas, extraído da primeira seção do questionário pode ser observado no Quadro 11, que foi coletado a partir dos questionários respondidos pelos estudantes.

Quadro 11 - Perfil demográfico da pesquisa

	Grupo Iniciante	Grupo Avançado
Participantes	12 estudantes	6 estudantes
Curso	Engenharia de Energia	Engenharia de Energia
Fase	Apenas primeira fase	Entre oitava e décima fase
Idade	Entre 17 e 24 anos (média 18,75)	Entre 21 e 26 anos (média 23,8)
Sexo	5 Femininos e 7 Masculinos	4 Femininos e 2 Masculinos

Fonte: Do Autor (2018)

No grupo de iniciantes, dos 12 estudantes, apenas 3 possuíam mais de 20 anos de idade, todos participantes da disciplina de Introdução a Engenharia de Energia da primeira fase do curso. Já no grupo avançado, a média de idade foi de aproximadamente 24 anos. No total dos dois grupos, 18 estudantes responderam o questionário, sendo 9 do sexo feminino e 9 do sexo masculino.

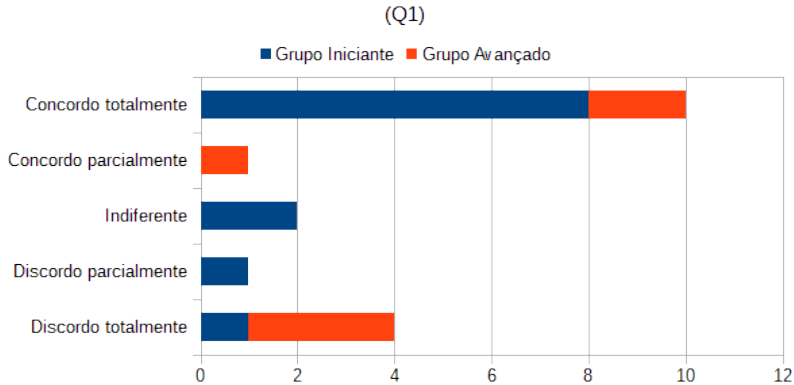
6.1.2 Critério de Experiência

O segundo critério abordado pelo questionário foi a cerca das experiências anteriores em relação a jogos digitais e aos conteúdos sobre sistemas fotovoltaicos. A primeira pergunta (Q1) buscou reconhecer a experiência dos estudantes na utilização de jogos com a finalidade de entretenimento. A Figura 24 ilustra as respostas apresentadas para a questão 1 **“Tenho experiência no uso de jogos eletrônicos para entretenimento.”**.

Ainda que boa parte dos estudantes possua experiência no uso de jogos eletrônicos, ao menos 7 deles (representando cerca de 38%) apontou possuir pouca ou nenhuma experiência com este tipo de mídia. Essa diferença foi de maior impacto no grupo de estudantes experientes, já que metade do grupo discordou totalmente da afirmação dessa questão.

Figura 24 - Questão 01

Tenho experiência no uso de jogos eletrônicos para entretenimento.



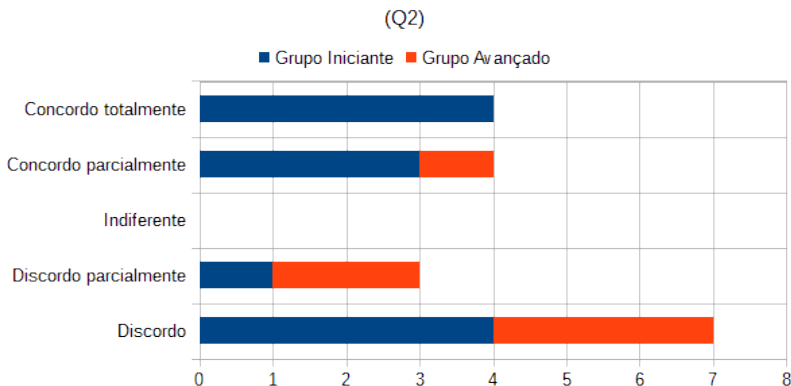
Fonte: Do Autor (2018)

A segunda questão (Q2) identifica a familiaridade dos estudantes na utilização de jogos eletrônicos como uma ferramenta de ensino-aprendizagem. A Figura 25 apresenta a questão 2 **“Já utilizei jogos eletrônicos como uma ferramenta para estudo”**:

Seguindo a tendência de Q1, boa parte dos estudantes não possui experiência na utilização de jogos eletrônicos como ferramenta de estudo. Apenas um estudante do grupo avançado concordou

Figura 25 - Questão 02

Já utilizei jogos eletrônicos como uma ferramenta para estudo.



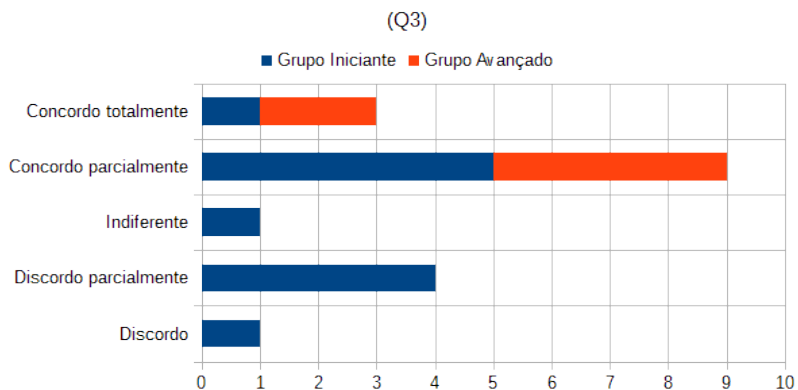
Fonte: Do Autor (2018)

parcialmente com a afirmação dessa questão. No total, 8 estudantes do total de 18 declararam já terem utilizado de alguma maneira jogos digitais para essa finalidade.

A terceira questão (Q3) procurou identificar o domínio dos estudantes com os conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos. A Figura 26 apresenta os resultados da questão 3 **“Já domino os conceitos**

Figura 26 - Questão 03

Já domino os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos.



Fonte: Do Autor (2018)

relacionados a sistemas fotovoltaicos”:

No grupo avançado, todos os estudantes declararam dominar totalmente ou parcialmente os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos. No grupo iniciante, metade do grupo também declarou possuir ao menos parcialmente o domínio do conteúdo, situação que não pode ser comprovada durante a pesquisa.

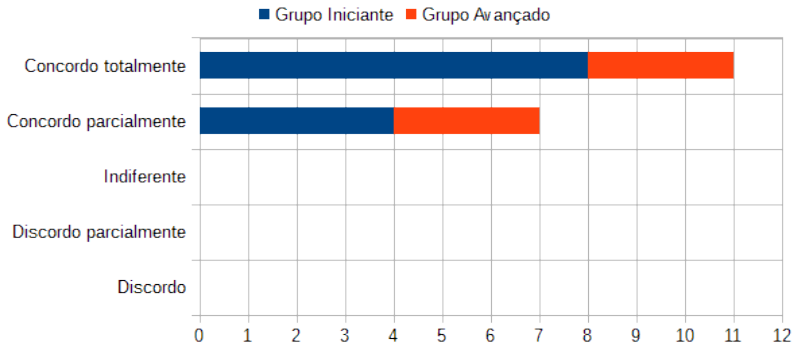
6.1.3 Critério de Jogo

A terceira etapa do questionário consistiu de questões relacionadas à percepção dos estudantes sobre as mecânicas do jogo. A primeira questão (Q4) desta seção questiona o jogador da facilidade em reconhecer e compreender os objetivos dos cenários do jogo. A Figura 27 expõe os resultados da questão 4 **“Os objetivos no jogo são facilmente compreendidos pelo jogador”:**

Figura 27 - Questão 04

Os objetivos no jogo são facilmente compreendidos pelo jogador.

(Q4)



Fonte: Do Autor (2018)

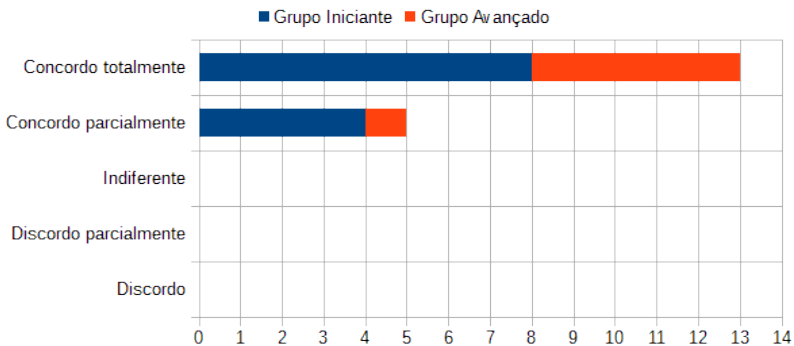
Todos os estudantes de ambos os grupos demonstraram compreender os objetivos dos jogos, ainda que com ressalvas por pelo menos 7 dos 18 estudantes entrevistados.

A quinta questão apresentada no questionário refere-se ao enredo do jogo e sua compreensão. As respostas para a questão **“A história do jogo é bem apresentada e de fácil compreensão”** são apresentadas na Figura 28.

Figura 28 - Questão 05

A história do jogo é bem apresentada e de fácil compreensão

(Q5)



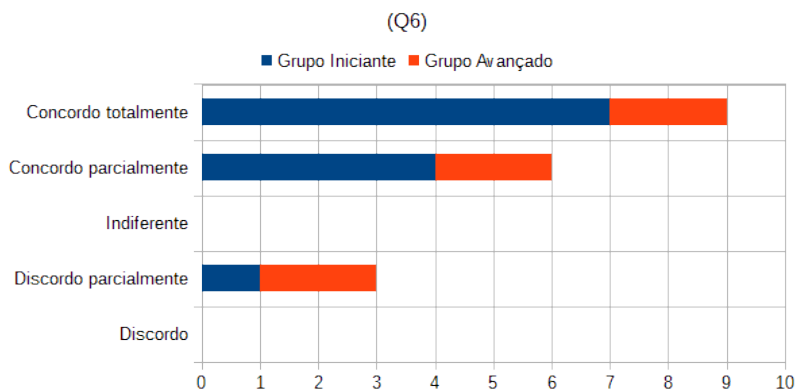
Fonte: Do Autor (2018)

Assim como em Q4, todos os estudantes de ambos os grupos também concordaram ao menos de maneira parcial sobre a facilidade de compreensão do enredo do jogo. Dos 18 estudantes entrevistados, 13 concordaram com a afirmação desta questão totalmente, o que representou aproximadamente 72% do total de estudantes.

Na sexta questão, a interface do jogo foi avaliada pela sua apresentação e compreensão. A Figura 29 apresenta a resposta da questão seis “**A interação com os elementos do jogo (painéis, telas, menus) é fácil e intuitiva**”:

Figura 29 - Questão 06

A interação com os elementos do jogo (painéis, telas, menus) é fácil e intuitiva.



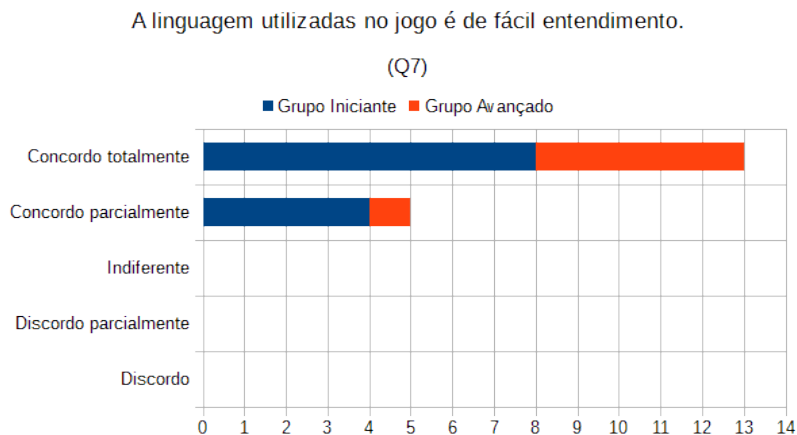
Fonte: Do Autor (2018)

Ainda que boa parte dos estudantes tenha concordado totalmente ou parcialmente a afirmação de Q6, três deles discordaram parcialmente, demonstrando que tiveram problemas com alguns elementos gráficos do jogo.

A sétima questão apresentada no questionário avaliou a facilidade dos jogadores em entenderem a linguagem utilizada em caixas de texto, menus e diálogos do enredo. A Figura 30 apresenta as respostas dadas pelos estudantes para a questão sete “**A linguagem utilizadas no jogo é de fácil entendimento**”.

A linguagem utilizada no jogo foi considerada de fácil entendimento por quase a totalidade dos estudantes do grupo avançado e pela maioria do grupo iniciante. Apenas cinco estudantes apontaram algum tipo de problema ou desconforto parcial com a linguagem utilizada.

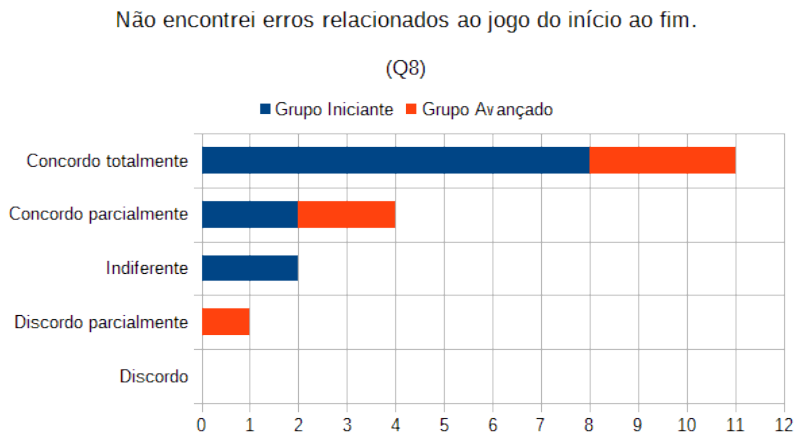
Figura 30 - Questão 07



Fonte: Do Autor (2018)

Para finalizar a seção, a oitava questão foi proposta com a intenção de descobrir problemas técnicos com a jogabilidade durante o jogo. A Figura 31 expõe as repostas para a pergunta sete “**Não encontrei erros relacionados ao jogo do início ao fim**”.

Figura 31 - Questão 08



Fonte: Do Autor (2018)

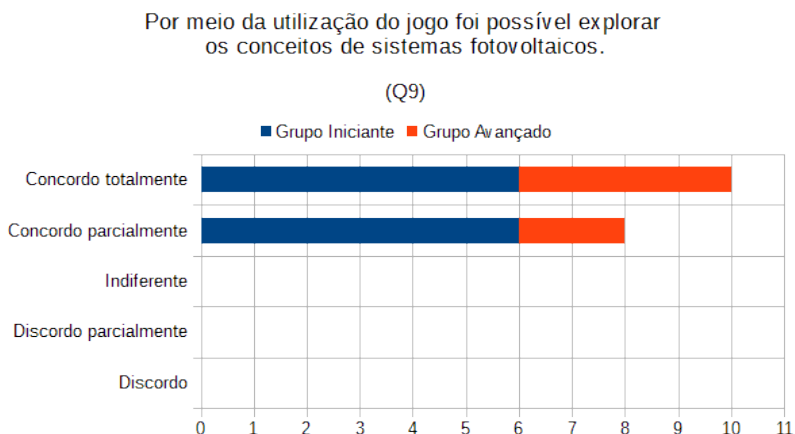
Essa questão evidenciou alguns problemas técnicos encontrados pelos estudantes durante a execução do jogo. Ao menos sete estudantes apontaram discordar parcialmente, concordar parcialmente ou

demonstraram diferença para afirmação de Q8. Algumas das razões foram apontadas pelos estudantes na última seção e serão expostas mais adiante.

6.1.4 Critério de Aprendizado

A quarta etapa do questionário consistiu em avaliar a percepção dos estudantes sobre os aspectos pedagógicos do jogo sério. A primeira questão desta seção (Q9) explorou a noção da aplicação dos conceitos de sistemas fotovoltaicos dentro do jogo. A Figura 32 apresenta o resultado da aplicação da questão nove **“Por meio da utilização do**

Figura 32 - Questão 09



Fonte: Do Autor (2018)

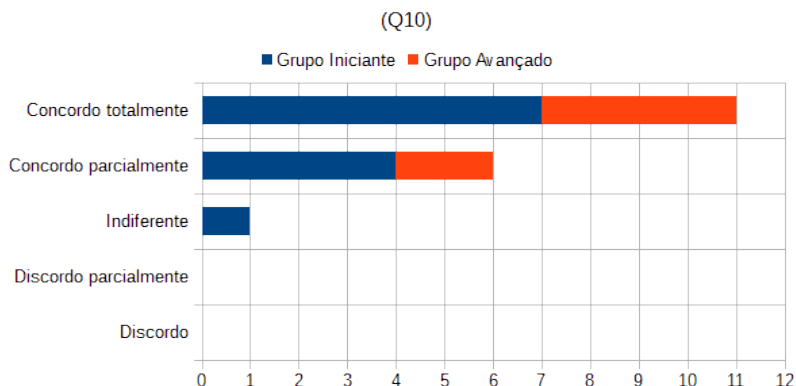
jogo foi possível explorar os conceitos de sistemas fotovoltaicos”.

Todos os estudantes perceberam de alguma forma a afinidade do jogo com os conhecimentos da disciplina de sistemas fotovoltaicos.

Na décima questão, buscou-se captar a opinião dos estudantes sobre a aplicabilidade do jogo na fixação de conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos. A Figura 33 ilustra os resultados dados para questão dez **“O jogo é útil para a fixação do conteúdo sobre sistemas fotovoltaicos”.**

Figura 33 - Questão 10

O jogo é útil para a fixação do conteúdo sobre sistemas fotovoltaicos.



Fonte: Do Autor (2018)

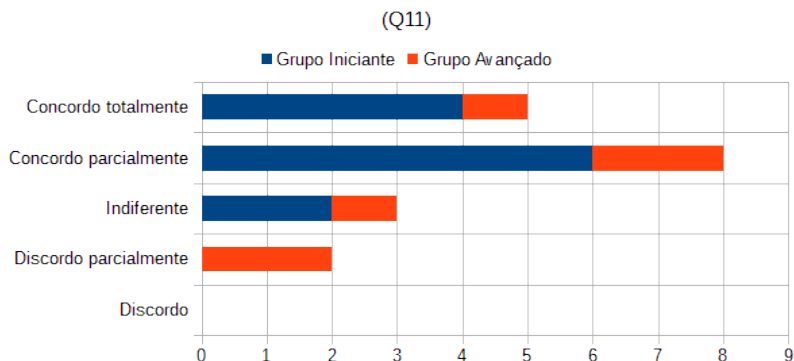
Dos dezoito estudantes, onze apontaram concordar totalmente com a utilidade do jogo no processo de fixação de conhecimento e seis concordaram com ressalvas. Apenas um dos estudantes do grupo iniciante assinalou ser indiferente à utilização desse tipo de ferramenta.

Na décima primeira questão, o estudante avaliou a facilidade de reconhecer (por meio das informações apresentadas, cenários e enredo) a aplicação dos conceitos de sistemas fotovoltaicos nos desafios apresentados pelo jogo. Essa questão **“As informações e ambientação apresentada pelo jogo são suficientes para o reconhecimento dos elementos sobre sistemas fotovoltaicos”** é apresentada pela Figura 34.

Nesta questão, um número considerável de estudantes mostrou-se duvidoso sobre a relação das informações apresentadas pelo jogo com os conteúdos de sistemas fotovoltaicos. Apenas cinco estudantes concordaram totalmente com a afirmação de Q11. O grupo avançado não apresentou homogeneidade nas respostas para essa questão.

Figura 34 - Questão 11

As informações e ambientação apresentada pelo jogo são suficientes para o reconhecimento dos elementos sobre sistemas fotovoltaicos.



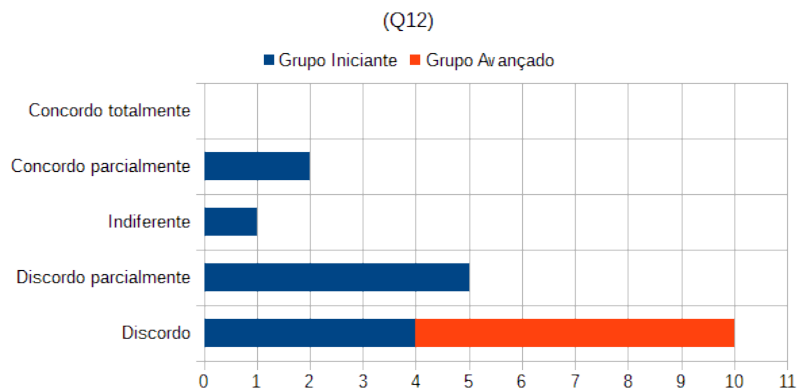
Fonte: Do Autor (2018)

A dificuldade em compreender os conceitos de sistemas fotovoltaicos abordados pelo jogo foi o critério de investigação da décima segunda questão. A Figura 35 demonstra o resultado da questão **“Os conhecimentos exigidos pelo jogo são complicados demais”**.

Como destaque, todos os estudantes do grupo avançado discordaram que os conhecimentos exigidos pelo jogo sejam complicados, resposta que foi acompanhada por quatro estudantes do

Figura 35 - Questão 12

Os conhecimentos exigidos pelo jogo são complicados demais.

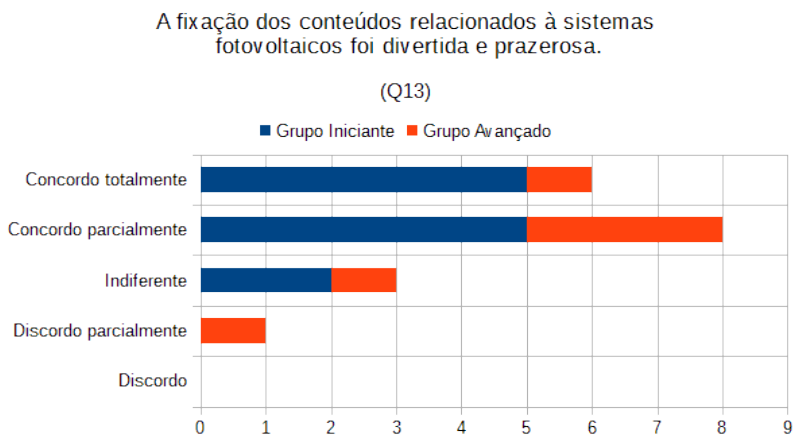


Fonte: Do Autor (2018)

grupo iniciante, que apresentou uma maior variação nas respostas. Nenhum estudante concordou completamente com a afirmação de Q12.

A décima terceira questão procurou identificar o sentimento de divertimento dos estudantes durante a utilização do jogo sério como objeto de ensino-aprendizagem. As respostas para a questão **“A fixação dos conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos foi divertida e**

Figura 36 - Questão 13



Fonte: Do Autor (2018)

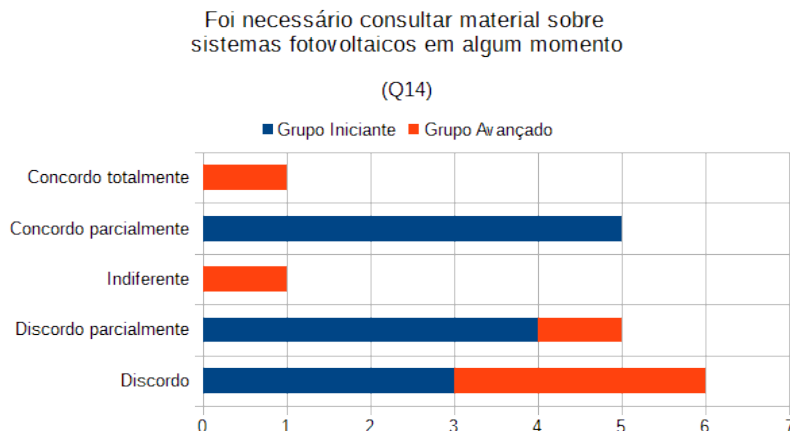
prazerosa.” são apresentadas pela Figura 36.

Nesta questão, quatorze dos dezoito estudantes concordaram ao menos parcialmente terem se divertido durante a execução do jogo. Um dos estudantes do grupo avançado, no entanto, apontou discordar da afirmação.

A última questão da seção sobre os aspectos educacionais buscou avaliar a necessidade de consulta de material auxiliar externo durante o jogo. As respostas dos estudantes para a questão **“Foi necessário consultar material sobre sistemas fotovoltaicos em algum momento”** são apresentadas pela Figura 37.

De acordo com as respostas de Q14, a consulta de material externo foi de alguma maneira necessária para, pelo menos, doze dos dezoito participantes. A não uniformidade das respostas dessa questão foi comum tanto ao grupo iniciante quanto o grupo avançado.

Figura 37 - Questão 14



Fonte: Do Autor (2018)

Como quinta seção do questionário, uma última questão aberta solicitou aos participantes sugestões sobre o jogo sério. Essa questão não era obrigatória, de modo que metade dos estudantes preencheram este item. O Quadro 12 apresenta os comentários fornecidos por estes participantes:

Quadro 12 - Comentários dos Participantes

Participante	Comentário	Grupo
15908	“Os ETs tem um <i>respawn</i> ¹ contínuo em alguns momentos, não tendo tempo pra respirar. Tirando isso é um ótimo jogo, muito divertido e bem feito”	Iniciante
15914	“Elogios: O jogo está bem elaborado, com a modelagem bem bonita, ótimo visuais de fácil identificação e bem aplicado os conceitos fotovoltaicos. Críticas: O jogo (não se está completo ou não), mas está muito simples (dificuldade). Acho que deveria ter a opção de conseguir uma dificuldade maior, algo mais aprofundado. Na hora do teleporte podia ter	Iniciante

1 *Respawn* (ou apenas *Spawn*) é um termo de jogo usado para descrever o aparecimento ou reaparecimento de um personagem no cenário de jogo.

Participante	Comentário	Grupo
	<p>uma frase na tela falando algo, ou alguma mudança louca e divertida de luzes. Na Irlanda, as rampas trava na hora de subir, é como se na metade da rampa o boneco ganhasse 100kg a mais e depois perdesse tudo. Sugestões: Acho que poderiam adicionar mecânicas engraçadas como desbloqueio de armas novas inimigos voando, algo que faça a re-jogabilidade ficar divertida ao longo do aprendizado. Foi uma ótima experiência, obrigado pela oportunidade e parabéns a todos envolvidos.”</p>	
15921	“Adorei o jogo.”	Iniciante
15929	“top”	Iniciante
15932	“Foi uma excelente experiência para o conhecimento de sistemas fotovoltaicos!!! ”	Iniciante
15812	“é complicado achar o momento pra aparecer o botão de acesso E na mala.”	Avançado
15897	<p>“O jogo é excelente, boas instruções, cenários interessantes e boas mecânicas. Aqui estão algumas observações: O tempo de <i>respawn</i> dos alienígenas deveria ser reduzido. Pois há momentos onde o jogador está concentrado em uma tarefa onde o desafio deveria ser o conhecimento teórico, mas tem que lidar com inimigos, o que deveria ser um elemento secundário. Uma sugestão seria focar mais em puzzles, Onde o conhecimento seria de fato testado.”</p>	Avançado
15975	<p>“Acredito que a categoria de jogos sérios deveria ser mais explorada dentro da universidade. O presente jogo é de extrema utilidade para as distintas fases do curso de eng de energia. O mesmo tem uma boa jogabilidade porém baixa dificuldade, acredito que este é um ponto onde possa ser melhorado.”</p>	Avançado

Participante	Comentário	Grupo
15978	“Acredito que a jogabilidade possa ser trabalhada melhor, Mesmo já tendo contato com outros jogos tive dificuldade pra entender o objetivo do jogo em alguns momentos. Ex: demorei algum tempo pra conseguir abrir a maleta de restaurar vida, na fase de apagar o fogo nos cabos demorei bastante tempo pra conseguir apagar pois estava (acredito que) muito distante e a funcionalidade de subir o degrau não funcionou. (obs.: Talvez o fato de não estar jogando com mouse tenha dificultado) Acredito que o jogo tenha bastante margem para ampliação, achei que está seguindo um bom caminho e achei interessante e divertido jogar”	Avançado

Fonte: Do Autor (2018)

Como relatado no item Q8, sobre as dificuldades técnicas do jogo, alguns participantes apontaram alguns dos problemas apresentados durante a jogabilidade, como dificuldade em subir rampas ou degraus. A interação com os elementos do jogo questionada no item Q6 também foi comentada por alguns estudantes, como dificuldades em interagir com a maleta de energia. Sobre a dificuldade da experiência de jogo, alguns estudantes relataram dificuldades em lidar com o número elevado de inimigos nos mapas.

De maneira geral, as opiniões descritivas foram positivas em relação à utilização do jogo e sua importância como uma nova tecnologia digital de auxílio para a disciplina.

6.2 AVALIAÇÃO EM JOGO

Uma avaliação do desempenho dos jogadores foi realizado por meio de monitoramento dos atributos de jogo a partir de cada sessão de jogo. Todos os eventos gerados durante tempo de execução foram coletados por meio da plataforma GameAnalytics® e posteriormente descarregados para filtragem e análise.

6.2.1 Propriedades Gerais

Algumas propriedades gerais foram analisadas a partir da análise dos eventos e foram demonstrados por meio do Quadro 13:

Quadro 13 - Eventos registrados

Item	Grupo Iniciante	Grupo Avançado
Número de Instalações	17	7
Número de Sessões de Jogo	21	8
Número de Eventos Gerados	3116	2017
Média de Duração de Sessão	5517,6 segundos	2952,5 segundos
Missões Falhas (Morte)	55	36
Inimigos Derrotados	924	467
Respostas Corretas no Quiz	55	42
Respostas Erradas no Quiz	44	22

Fonte: Do Autor (2018)

O número de instalações foi superior ao número de jogadores únicos da pesquisa, dado que alguns participantes não completaram o processo de reconhecimento do jogo e a alimentação do questionário. Alguns participantes também realizam a instalação em notebooks pessoais. As sessões iniciadas fora do horário de testes não foram, entretanto, analisadas.

O número de sessões de jogo também foi superior ao número de participantes dado que, em algumas situações, os participantes recomeçaram a partida iniciando novamente aplicação. Nesta característica, também foram detectadas sessões com baixo número de eventos gerados, onde o jogador, por exemplo, fechou a aplicação antes de iniciar o jogo.

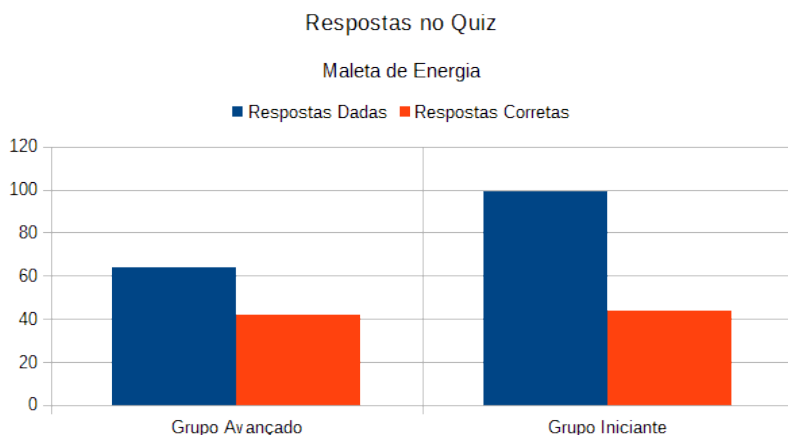
No total, foram gerados aproximadamente 5,1mil eventos durante as 29 sessões de jogo. O grupo avançado gerou, proporcionalmente, mais eventos por sessão. Porém, não é possível considerar esse fator relevante dado um grande número de eventos de *CriticalFPS*, gerado

quando o jogo atinge baixa performance técnica. A turma de estudantes avançados utilizou majoritariamente computadores pessoais para instalação do jogo, que não necessariamente possuíam os requisitos técnicos mínimos para uma boa performance.

O grupo avançado também teve um maior número de falhas (mortes) dentro de jogo. Cerca de 4,5 mortes por sessão, enquanto o grupo iniciante falhou em torno de 2,6 vezes por sessão de jogo. Na propriedade de inimigos eliminados, o grupo avançado eliminou cerca de 58 inimigos por sessão contra 44 do grupo iniciante.

Foram monitorados também eventos relacionados às respostas selecionadas nas maletas de energia. O grupo iniciante respondeu no total a 99 questões, e o grupo avançado 64 questões. O Figura 38 mostra a relação de respostas erradas das questões respondidas pelos dois grupos.

Figura 38 - Gráfico de Respostas no Quiz



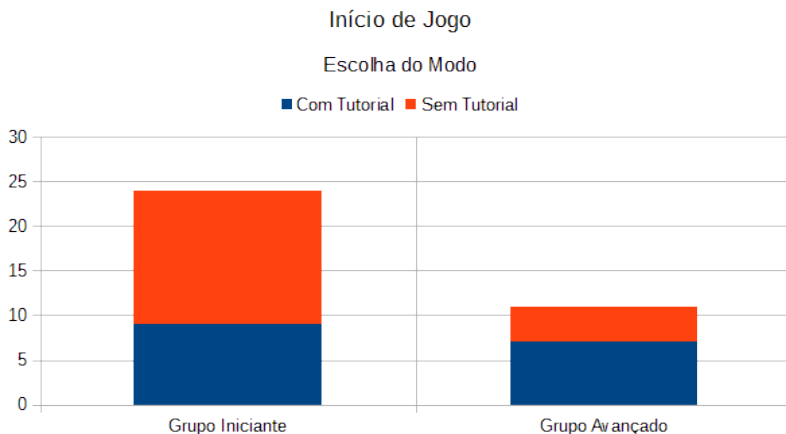
Fonte: Do Autor (2018)

Nesta propriedade, percebe-se um número proporcional muito maior de questões respondidas corretamente pelo grupo avançado do que pelo grupo iniciante, refletindo a diferença de conhecimentos teóricos já estudados pelo primeiro grupo.

O modo de jogo escolhido pelo grupo avançado priorizou a execução do tutorial, enquanto o grupo iniciante preferiu pular esta etapa, como demonstrado pela Figura 39.

Por fim, foram identificados os cenários de maior preferência dos dois grupos, demonstrados na Figura 40.

Figura 39 - Gráfico da escolha do modo de jogo

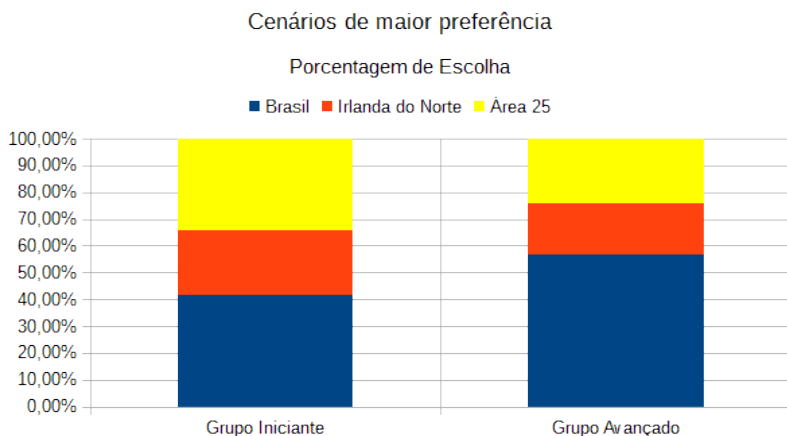


Fonte: Do Autor (2018)

Com a liberdade de escolha entre os três cenários principais do jogo, mais da metade do grupo avançado optou pelo cenário ambientado no Brasil. Este cenário também foi o de maior preferência do grupo iniciante, porém, com menor percentual.

Também foram avaliadas as conclusões das missões dos cenários do jogo. É importante ressaltar que o não cumprimento dos objetivos

Figura 40 - Gráfico de preferência dos cenários



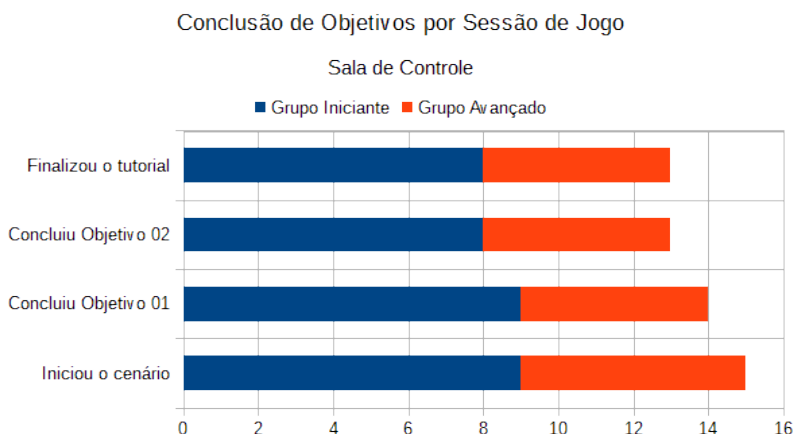
Fonte: Do Autor (2018)

iniciados pode ser dado por vários fatores e não indicam necessariamente dificuldade de conclusão. Ao falhar na missão (morte) o jogador também volta automaticamente para o início do cenário onde estava, reiniciando os objetivos.

6.2.2 Cenário: Sala de Controle

A sala de controle representa o cenário inicial de jogo, onde o jogador pode realizar o tutorial e selecionar um dos três cenários de missão. Os objetivos estabelecidos por esse cenário são acessíveis apenas àqueles que selecionaram participar do tutorial no menu principal de jogo. A Figura 41 demonstra a relação de sessões que iniciaram e concluíram os objetivos deste cenário.

Figura 41 - Conclusão de Objetivos (Sala de Controle)



Fonte: Do Autor (2018)

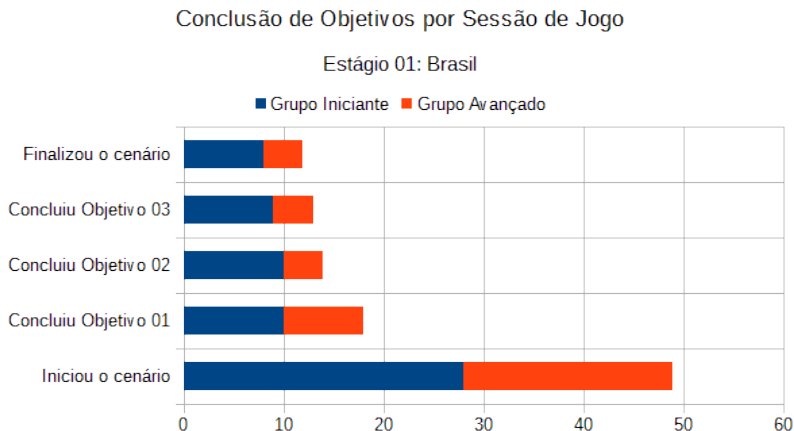
A grande maioria (aproximadamente 86%) das sessões que iniciaram o tutorial da sala de controle puderem ser finalizados. Essa perspectiva sugere o baixo tempo e a facilidade de reconhecimento das tarefas exigidas nessa fase do jogo. Não houve significativa diferença na conclusão dos objetivos deste cenário entre os dois grupos selecionados.

6.2.3 Cenário: Brasil

Como cenário mais jogado, o cenário ambientado no Brasil possui como principal objetivo a limpeza dos painéis fotovoltaicos de

três strings distintas (uma para cada objetivo). A Figura 42 ilustra o número de sessões que iniciou e finalizou o respectivo cenário.

Figura 42 - Conclusão de Objetivos (Brasil)



Fonte: Do Autor (2018)

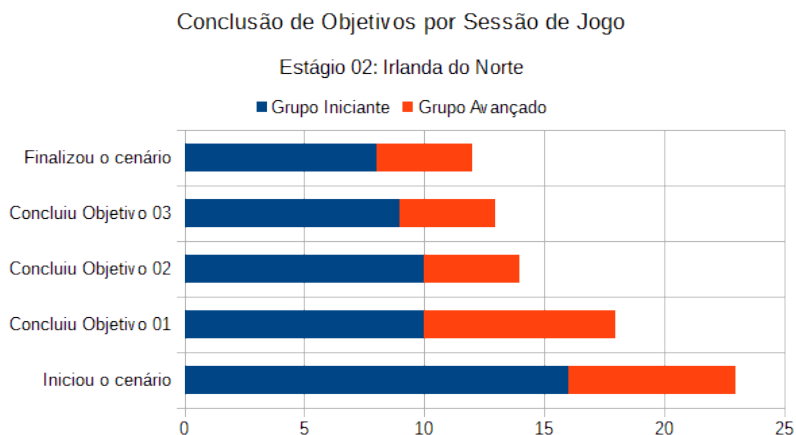
Das 49 ocorrências de início deste cenário, apenas 12 foram finalizadas, transformando o objetivo deste mapa o segundo de maior dificuldade dentro do jogo. No grupo avançado a diferença entre a conclusão do primeiro objetivo para a finalização do cenário foi considerável: apenas metade das sessões que concluíram o primeiro objetivo conseguiram finalizar este cenário.

6.2.4 Cenário: Irlanda do Norte

O segundo estágio do jogo e com menos sessões iniciadas foi ambientado na Irlanda do Norte. O principal objetivo deste cenário era recuperar as conexões entre as instalações de strings fotovoltaicas, apagando o fogo e reconstruindo as ligações. A Figura 43 mostra a taxa de conclusão dos objetivos deste cenário para os dois grupos.

Apesar do menor número de execuções, este cenário teve uma boa taxa de conclusão quando comparado aos outros cenários. Aproximadamente 52% das sessões iniciadas neste estágio foram completadas.

Figura 43 - Conclusão de Objetivos (Irlanda do Norte)

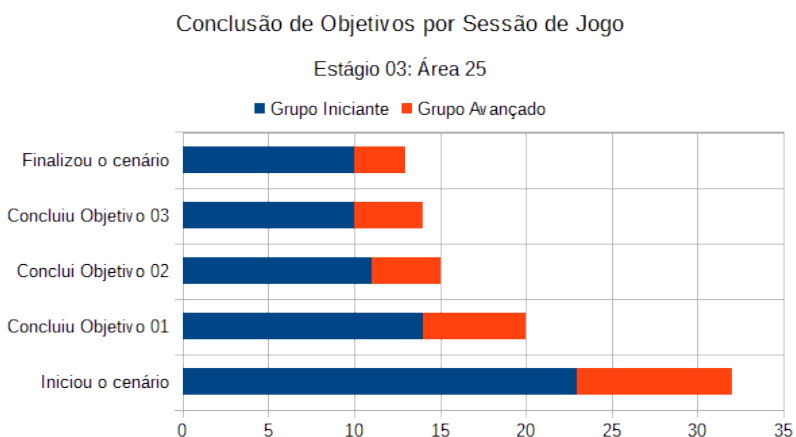


Fonte: Do Autor (2018)

6.2.5 Cenário: Área 25

O último estágio de escolha livre do jogo ambientou-se em uma localização fictícia denominada Área 25. O objetivo deste cenário é localizar os painéis fotovoltaicos em posição incorreta e alinhá-los de acordo com as coordenadas geográficas da área, definidas

Figura 44 - Conclusão de Objetivos (Área 25)



Fonte: Do Autor (2018)

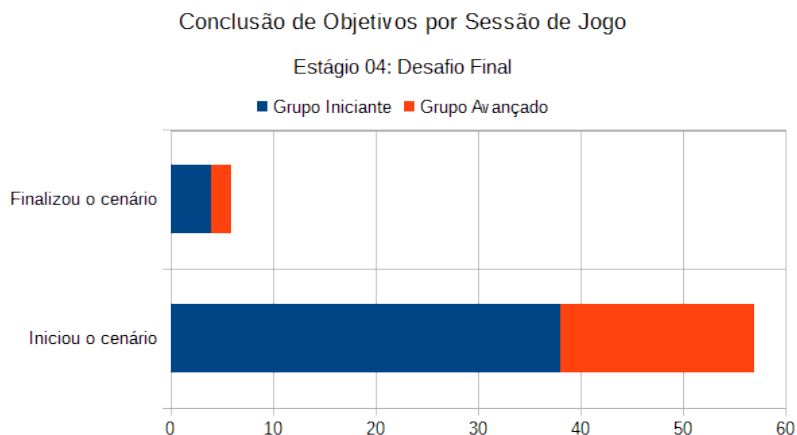
aleatoriamente. A Figura 44 ilustra as ocorrências de conclusão deste objetivo.

Este cenário também apresentou uma boa taxa de conclusão, levando em consideração o número de objetivos iniciados.

6.2.6 Cenário: Desafio Final

Por fim, o último estágio do jogo, habilitado após a conclusão dos três primeiros, consiste em um único objetivo: disparar o canhão de energia, eliminando o comandante inimigo. A Figura 45 apresenta a conclusão do objetivo deste cenário.

Figura 45 - Conclusão dos Objetivos (Desafio Final)



Fonte: Do Autor (2018)

Este cenário teve uma grande quantidade de registros de início, onde pouco mais de 10% conseguiu concluir o objetivo. Essa baixa taxa de conclusão pode ser explicada pelo elevado número de falhas (mortes) neste cenário, apontado pelos estudantes como o mais difícil.

6.3 AVALIAÇÃO OBSERVACIONAL

De forma a complementar a avaliação descritiva realizada pelos estudantes e a avaliação do desempenho dos mesmos em jogo, foram realizadas avaliações observacionais das reações dos estudantes no momento de interação com o jogo. Essa avaliação foi feita de modo a reforçar os resultados dos outros dois instrumentos já apresentados.

O primeiro grupo de estudantes a ser avaliado foi o grupo iniciante, que recebeu instruções sobre o jogo em sala de aula antes de utilizarem os laboratórios. Estes estudantes não demonstraram dificuldades no processo de execução do jogo e navegação dos menus. Poucos estudantes tiveram dificuldades com os controles do personagem ou solicitaram ajuda em relação aos objetivos do jogo. Alguns estudantes mais familiarizados com o estilo de jogo rapidamente venceram os objetivos dos estágios e chegaram ao desafio final.

O segundo grupo, composto pelos estudantes avançados, apresentou mais obstáculos com o jogo em relação ao grupo iniciante, ainda que também tenham recebido instruções sobre o enredo e objetivos do jogo inicialmente como o grupo anterior. Alguns estudantes tiveram dificuldade com a inicialização do jogo e com o reconhecimento dos controles, exigindo intervenção para que a utilização do mouse e teclado fosse demonstrada. O grupo também demonstrou maior dificuldade em reconhecer os objetivos e compreender o cenário de jogo. Por fim, apenas dois estudantes conseguiram finalizar o jogo durante o período da experiência, porém todos os estágios foram visitados.

6.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

De acordo com o exposto pela avaliação, pode-se constatar uma maior dificuldade do grupo avançado nos fatores inerentes às mecânicas de jogo. As teclas de ação e a movimentação do personagem apresentaram-se como um desafio inicial para o reconhecimento do jogo, sugerindo que uma maior atenção deve ser dispensada no auxílio de jogadores com baixa experiência neste estilo de jogo.

Outro fator apresentado pela avaliação foi uma disparidade no sentimento de dificuldade dos desafios, principalmente em relação aos inimigos em cada estágio. Como sugerido por alguns jogadores, a quantidade de inimigos pode atrapalhar a atenção do jogador nos objetivos principais de cada cenário.

Em relação às mecânicas de aprendizado, o grupo iniciante foi o que obteve, de forma esperada, muito menos êxito nas perguntas técnicas introduzidas no jogo por meio da maleta de energia do que o grupo avançado. Essa diferença não foi, no entanto, significativa para o reconhecimento dos elementos de jogo apresentados pela ambientação dos cenários e dos objetivos, ainda que com maior dificuldade em relação a resolução destes objetivos.

Por fim, a grande maioria dos estudantes considerou a ferramenta de um modo geral como positiva para o processo de ensino-aprendizagem desse tipo de conhecimento, ainda que melhorias e ponderações precisem ser feitas em relação às mecânicas de jogo e aprendizado.

7 CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como principal objetivo identificar características da utilização de um jogo sério voltado à fixação do conhecimento em sistemas fotovoltaicos. Este objetivo foi orientado pela questão de pesquisa: **“É possível tornar o conteúdo relacionado às tecnologias de sistemas fotovoltaicos mais atrativo e melhorar sua fixação por parte dos estudantes por meio de um jogo sério?”**

A pesquisa foi realizada a partir da fundamentação teórica sobre jogos sérios e energia solar fotovoltaica, de forma a reunir os principais conceitos a cerca dos dois temas representados na pergunta de pesquisa desta dissertação.

Os jogos sérios apresentam-se como uma nova ferramenta digital derivada dos jogos eletrônicos que possui como principal característica a aplicabilidade nas mais variadas áreas com finalidades além do entretenimento. Essa distinção entre jogos cujo o entretenimento não é considerado uma prioridade durante o desenvolvimento se faz extremamente importante para diferenciar o conceito de jogo sério das demais classificações de softwares interativos, como simulações e jogos digitais tradicionais (que possuem apenas finalidade de entretenimento).

A literatura apresenta diversas taxonomias e metodologias para a classificação e desenvolvimento de jogos sérios. Neste trabalho, foram apresentadas a taxonomia *Comprehensive Serious Games*, para classificação de jogos sérios, o *Heuristic Framework*, para criação de narrativas para jogos educacionais, e o *Learning Mechanics – Game Mechanics*, um *framework* voltado para a análise e modelagem das mecânicas educacionais e de jogabilidade de um jogo sério. Todas as três ferramentas foram utilizadas para o desenvolvimento do jogo apresentado nesta pesquisa.

Como objeto de aplicação do desenvolvimento do jogo sério proposto por este trabalho, os conceitos relacionados à energia solar fotovoltaica foram apresentados com a finalidade de deixar claro as potencialidades da tecnologia e das necessidades do mercado de trabalho, além de explicitar também os conteúdos técnicos aplicados dentro da ferramenta digital desenvolvida.

Como principal ponto de motivação, o crescimento do setor elétrico voltado para as energias limpas e renováveis chama a atenção e exige que o ecossistema em torno destas tecnologias seja promovido e fortalecido através de ações e investimentos também na área

educacional, já que também são ofertados diversos cursos de ensino superior onde este conteúdo se faz presente. Uma característica importante a ser notada nos estudantes desta área é o perfil não convencional, marcado pela escolha não convencional de currículo e geralmente motivada pelo reconhecimento do crescimento da indústria, formação de pequenos negócios, além de razões geopolíticas e ambientais.

A pesquisa bibliográfica realizada na área apresentou diversos trabalhos que relacionam a utilização de jogos sérios com o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos técnicos voltados às engenharias. Das dez pesquisas relacionadas no capítulo 4, sobre o Estado da Arte, três delas apresentam relação direta com o conteúdo de sistemas fotovoltaicos. Os jogos utilizados nestas pesquisas são, no entanto, para públicos diferentes, como crianças e adolescentes, e possuem diferentes prioridades, como a formação de consciência energética ou a compreensão do processo produtivo dos módulos fotovoltaicos.

Para suprir a necessidade de um jogo voltado ao público do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina, foi elaborado o desenvolvimento de um jogo sério que incluísse os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos da disciplina do curso. Para isso foram selecionados os principais conceitos a cerca do funcionamento das plantas de geração de energia elétrica e da tecnologia de módulos fotovoltaicos, de modo que fossem apresentados de forma interativa pelo jogo.

A narrativa foi desenvolvida com a utilização do *Heuristic Framework*, que permitiu de maneira sistemática a elaboração de um enredo coerente e de fácil entendimento pelos estudantes. É importante destacar aqui que a utilização deste *framework* não é exclusiva a jogos sérios, apesar de sua aplicação ser observada em outros trabalhos relacionados a este tema. Além da narrativa, as mecânicas de aprendizado foram elencadas em conjunto com as mecânicas de jogo, usando como ferramenta para o encadeamento de ambos os domínios o modelo *Learning Mechanics – Game Mechanics*, de uso voltado ao desenvolvimento e avaliação de jogos sérios.

A plataforma Unity® foi escolhida para o desenvolvimento do jogo sério por tratar-se de um motor de desenvolvimento de jogos robusto e flexível, possibilitando a portabilidade do software desenvolvido para diferentes sistemas operacionais. A partir dessa ferramenta, foi desenvolvido um jogo denominado *Phototype*, focado em ação em primeira pessoa e na resolução de problemas efetivos

condizentes com a implementação e manutenção de plantas de geração de energia solar fotovoltaica. Além da ambientação futurística, os três estágios principais do jogo foram localizados em diferentes pontos geográficos, como no Brasil e na Irlanda do Norte. Foi implementado também um sistema de quiz (jogo de perguntas e respostas) atrelado aos itens de recuperação de energia do jogador, como forma de apresentar uma mecânica de aprendizado suplementar ao desenvolvimento do enredo do jogo e estimular a interação com outros conhecimentos relacionados ao tema.

Com o objetivo de avaliar as características de utilização do jogo como ferramenta de apoio à fixação do conhecimento, foi elaborado um questionário a ser aplicado com estudantes do curso de Engenharia de Energia. Este questionário foi dividido em três etapas: dados demográficos, avaliação das mecânicas de jogo e avaliação das mecânicas de aprendizado. A aplicação do questionário foi feita após a utilização do jogo por dois grupos distintos de estudantes: um com estudantes iniciantes do curso, e outro com estudantes da disciplina de sistemas fotovoltaicos, em fases finais da graduação em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Durante a utilização do jogo, os estudantes iniciantes se mostraram receptivos e interessados na nova ferramenta. Observação que foi confirmada pelas respostas dadas pela maioria dos estudantes em relação ao divertimento e entendimento das mecânicas de jogo. O grupo de estudantes avançados, no entanto, apesar de também demonstrarem certo nível de aceitação da ferramenta por meio do questionário, apresentaram um menor conforto com as mecânicas de jogo.

Em relação à avaliação interna dos parâmetros de jogo, a constatação foi apenas de que o grupo de estudantes avançados se saiu melhor ao responder as atividades de quiz durante a partida, dado que possuíam um conhecimento prévio em relação ao tema. Outros dados técnicos coletados não foram conclusivos para a elaboração de outras conclusões nesta etapa.

De maneira geral pode-se constatar que, de forma a responder a pergunta de pesquisa desta dissertação, a grande maioria dos estudantes classificou o uso do jogo sério como uma experiência educacional positiva para a fixação do conhecimento dentro do tema abordado. É importante ressaltar que a aceitação não necessariamente implica na total adaptação dos estudantes à nova tecnologia digital nem tão pouco na necessidade do seu uso contínuo em sala de aula. Apesar da demonstração de experimentos de sucesso de jogos sérios na

comunidade acadêmica, ainda não há apontamentos sólidos de práticas educacionais que utilizem apenas este tipo de ferramenta ou que tenham utilizado de forma periódica durante um grande intervalo de tempo.

Dessa forma, registra-se nesta dissertação um experimento de sucesso do uso de jogos sérios na área de Engenharia de Energia de forma a complementar o resultado positivo de pesquisas anteriores na área de jogos sérios. A utilização deste tipo de tecnologia digital pode, ao que tudo indica, apresentar-se como mais uma ferramenta de apoio ao ensino de conteúdos técnicos que, utilizada de maneira controlada e com públicos específicos, pode estimular o engajamento de estudantes e fortalecer o processo de ensino-aprendizagem também de conteúdos técnicos nas engenharias.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

De acordo com o exposto por esta pesquisa, apresenta-se nesta seção algumas sugestões para sua continuidade e aprimoramento de forma a dar continuidade ao trabalho realizado e compreender aspectos além do escopo deste trabalho.

Levando em consideração o problema explicitado anteriormente pelos resultados da análise do jogo, sugere-se utilizar de uma nova metodologia para avaliação interna dos parâmetros das mecânicas de jogo, tal qual demonstrado pelas pesquisas de LOH e LI (2016) e LOH e SHENG (2013), com o objetivo de melhorar o entendimento sobre os aspectos técnicos da utilização da ferramenta e determinar uma escala quantitativa de melhora do desempenho dos estudantes.

Outra possibilidade a ser pesquisada é a de utilizar variações de gêneros de jogos com o mesmo conteúdo didático e, possivelmente, com as mesmas mecânicas educacionais. Essa perspectiva é interessante para o entendimento do engajamento decorrente da familiarização do estudante com determinados gêneros de jogos, já que mesmo que vários estudantes tenham relatado utilizarem jogos digitais fora do contexto educacional, o gênero de ação/aventura utilizado pelo jogo sério desenvolvido nesta pesquisa poderia não ser o mais adequado ou familiar ao público-alvo. A ideia apresentada por DOBROWOLSKI et al. (2015) reforça que diferentes gêneros podem exigir e desenvolver diferentes habilidades cognitivas dos jogadores.

Com a finalidade de refinar os resultados trazidos por esta pesquisa, recomenda-se também a ampliação da amostra de

participantes e, se possível, de diferentes perfis demográficos. Dessa forma, pode-se também examinar a percepção de diferentes públicos no contato com o jogo sério desenvolvido nesta dissertação.

7.2 PUBLICAÇÕES RESULTANTES DA PESQUISA

A prévia do desenvolvimento e o projeto de pesquisa foram apresentadas no 19º *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR'17), sediado na cidade de Curitiba, PR, no ano de 2017.

REFERÊNCIAS

- ABDELALI, Slimani et al. Improving Serious Game Design Through a Descriptive Classification: A Comparison of Methodologies. **Journal of Theoretical and Applied Information Technology; Islamabad**, [s. l.], v. 92, n. 1, p. 130–143, 2016.
- ABINEE, LCA. **Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica**. [s.l.] : Propostas, 2012.
- AGUILAR-PEÑA, J. D. et al. Blended learning for photovoltaic systems: Virtual laboratory with PSPICE. In: 2016 TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING (TAE) 2016, **Anais...** . In: 2016 TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING (TAE). [s.l: s.n.]
- AL-ADDOUS, M.; CLASS, C. B. Acquiring expertise in a lab for solar energy technologies. In: 2011 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON) 2011, **Anais...** . In: 2011 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON). [s.l: s.n.]
- ALEEM, S.; CAPRETZ, L. F.; AHMED, F. A Consumer Perspective on Digital Games: Factors for Successful Game Development. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 56–61, 2018.
- ALI, Z.; USMAN, M. A framework for game engine selection for gamification and serious games. In: 2016 FUTURE TECHNOLOGIES CONFERENCE (FTC) 2016, **Anais...** . In: 2016 FUTURE TECHNOLOGIES CONFERENCE (FTC). [s.l: s.n.]
- ALLIED MARKET RESEARCH. **Serious Games Market by User Type (Enterprises and Consumers), Application (Advertising & Marketing, Simulation Training, Research & Planning, Human resources, and Others), and Industry Vertical (Healthcare, Aerospace & Defense, Government, Education, Retail, Media & Entertainment, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2016-2023**. 2017. Disponível em: <<https://www.alliedmarketresearch.com/serious-games-market>>. Acesso em: 7 maio. 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Altas de Energia Elétrica. [s. l.], n. 2ª, 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

ARNAB, Sylvester et al. Mapping learning and game mechanics for serious games analysis: Mapping learning and game mechanics. **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 391–411, 2015.

AZIZ, El-Sayed; ESCHE, Sven K.; CHASSAPIS, Constantin. AC 2009-1854: REVIEW OF THE STATE OF THE ART IN VIRTUAL-LEARNING ENVIRONMENTS BASED ON MULTIPLAYER COMPUTER GAMES. [s. l.], v. 14, p. 1, 2009.

BACKLUND, P.; HENDRIX, M. Educational games - Are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games. In: 2013 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2013, **Anais...** . In: 2013 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES). [s.l: s.n.]

BALDEÓN, J. et al. From learning to game mechanics: The design and the analysis of a serious game for computer literacy. In: 2016 11TH IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI) 2016, **Anais...** . In: 2016 11TH IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI). [s.l: s.n.]

BASS, R. B. A Bachelors Degree Program in Renewable Energy Engineering. In: PROCEEDINGS. FRONTIERS IN EDUCATION. 36TH ANNUAL CONFERENCE 2006, **Anais...** . In: PROCEEDINGS. FRONTIERS IN EDUCATION. 36TH ANNUAL CONFERENCE. [s.l: s.n.]

BLANCHARD, R. et al. Educating the world: A remote experiment in photovoltaics. In: 2014 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON CONVENTIONAL ENERGY (ICONCE 2014) 2014, **Anais...** . In: 2014 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON CONVENTIONAL ENERGY (ICONCE 2014). [s.l: s.n.]

BLENDER FOUNDATION. **Blender**. 2018. Disponível em: <<https://www.blender.org/>>. Acesso em: 9 maio. 2018.

BRELAZ, E. C. D. de Oliveira et al. Fazenda 3D: Evaluation of a virtual environment for farming technical education. In: 2017 TWELFTH LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES (LACLO) 2017, **Anais...** . In: 2017 TWELFTH LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES (LACLO). [s.l: s.n.]

BRUDLER, E. et al. 24 years postgraduate program renewable energy. In: 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE DEVELOPMENTS IN RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGY (ICDRET 2012) 2012, **Anais...** . In: 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE DEVELOPMENTS IN RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGY (ICDRET 2012). [s.l: s.n.]

CALLAGHAN, M. et al. Mapping Learning and Game Mechanics for Serious Games Analysis in Engineering Education. **IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 77–83, 2017.

CALLAGHAN, M. J. et al. Using Game-Based Learning in Virtual Worlds to Teach Electronic and Electrical Engineering. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 575–584, 2013.

CAVALCANTE, Michelle Melo et al. Proposta de Serious Games aplicado ao ensino de eletricidade básica: O Jogo Genius a partir da Plataforma Arduino. **Abakós**, [s. l.], v. 4, n. 1, 2015. Disponível em: <<http://200.229.32.55/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2015v4n1p3>>. Acesso em: 3 maio. 2018.

CHARSKY, Dennis. From Edutainment to Serious Games: A Change in the Use of Game Characteristics. **Games and Culture**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 177–198, 2010.

CHEDID, R. et al. Modeling and simulation of PV arrays under varying conditions. In: MELECON 2014 - 2014 17TH IEEE MEDITERRANEAN ELECTROTECHNICAL CONFERENCE 2014, **Anais...** . In: MELECON 2014 - 2014 17TH IEEE MEDITERRANEAN ELECTROTECHNICAL CONFERENCE. [s.l: s.n.]

CHEMISTRY, Royal Society Of. **Energy**. web page. 2014. Disponível em:

<<http://www.rsc.org/campaigning-outreach/global-challenges/energy/#solar>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

CORDEIRO, João Sérgio et al. UM FUTURO PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 27, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/68>>. Acesso em: 15 out. 2018.

COWAN, B.; KAPRALOS, B. A Survey of Frameworks and Game Engines for Serious Game Development. In: 2014 IEEE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES 2014, **Anais...** . In: 2014 IEEE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES. [s.l: s.n.]

DE FREITAS, S.; JARVIS, S. A framework for developing serious games to meet learner needs. In: DE FREITAS, S. <[HTTP://RESEARCHREPOSITORY.MURDOCH.EDU.AU/VIEW/AU THOR/DE FREITAS, SARA.HTML](http://researchrepository.murdoch.edu.au/view/au-thor/de_freitas_sara.html)> AND JARVIS, S. (2006) A FRAMEWORK FOR DEVELOPING SERIOUS GAMES TO MEET LEARNER NEEDS. IN: THE INTERSERVICE/INDUSTRY TRAINING, SIMULATION & EDUCATION CONFERENCE (IITSEC), 4 - 7 DECEMBER, ORLANDO, FLORIDA 2006, Orlando, Florida. **Anais...** . In: THE INTERSERVICE/INDUSTRY TRAINING, SIMULATION & EDUCATION CONFERENCE (IITSEC). Orlando, Florida Disponível em: <<http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/27662/>>. Acesso em: 7 maio. 2018.

DE LOPE, Rafael Prieto; MEDINA-MEDINA, Nuria. A Comprehensive Taxonomy for Serious Games. **Journal of Educational Computing Research**, [s. l.], p. 0735633116681301, 2016.

DICKEY, Michele D. Game Design Narrative for Learning: Appropriating Adventure Game Design Narrative Devices and Techniques for the Design of Interactive Learning Environments. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 245–263, 2006.

- DOBROWOLSKI, Pawel et al. Cognitive enhancement in video game players: The role of video game genre. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 44, p. 59–63, 2015.
- DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. Edição: 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.
- ELLIMAN, J.; LOIZOU, M.; LOIZIDES, F. Virtual Reality Simulation Training for Student Nurse Education. In: 2016 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2016, **Anais...** . In: 2016 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES). [s.l: s.n.]
- EPIC GAMES. **Unreal Engine**. 2018. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.
- E-UCM. **eAdventure**. 2018. Disponível em: <<http://e-adventure.e-ucm.es/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.
- EUROPE, Solar Power. Global market outlook for solar power 2018-2022. **Brussels. SolarPower Europe**, [s. l.], 2018.
- FARIAS FILHO, Milton Cordeiro; ARRUDA FILHO, Emílio JM. **Planejamento da pesquisa científica**. [s.l.] : Editora Atlas SA, 2000.
- FERRER, V. et al. How Does Usability Impact Motivation in Augmented Reality Serious Games for Education? In: 2013 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2013, **Anais...** . In: 2013 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES). [s.l: s.n.]
- FORNARIS, Arian. **Phaser Editor**. 2018. Disponível em: <<https://phasereditor2d.com/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.
- FREI, Christoph et al. **World Energy Scenarios: Composing energy futures to 2050**. France.

FREYTAG, S. C.; WIENRICH, C. Evaluation of a virtual gaming environment designed to access emotional reactions while playing. In: 2017 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL WORLDS AND GAMES FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2017, **Anais...** . In: 2017 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL WORLDS AND GAMES FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES). [s.l: s.n.]

GAME ANALYTICS. **Game Analytics**. 2018. Disponível em: <<https://gameanalytics.com/>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

GARAGE GAMES. **Torque 3D**. 2018. Disponível em: <<http://torque3d.org/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, [s. l.], v. 5, n. 61, p. 16–17, 2002.

LINIETSKY, Juan; MANZUR, Ariel. **Godot Engine**. 2018. Disponível em: <<https://godotengine.org/>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

GOLDIEZ, B. F.; ANGELOPOULOU, A. Serious Games - Creating an Ecosystem for Success. In: 2016 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2016, **Anais...** . In: 2016 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES). [s.l: s.n.]

HARLEY, Jason M. et al. Designing story-centric games for player emotion: A theoretical perspective. In: PROCEEDINGS OF THE EIGHTH WORKSHOP ON INTELLIGENT NARRATIVE TECHNOLOGIES 2015, **Anais...** [s.l: s.n.]

HAUGE, Jannicke Baalsrud et al. Serious Game Mechanics and Opportunities for Reuse. In: THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ELEARNING AND SOFTWARE FOR EDUCATION; BUCHAREST 2015, Bucharest, Romania, Bucharest. **Anais...** Bucharest, Romania, Bucharest: “Carol I” National Defence University, 2015. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/1681488750/abstract/B29E8F9E0F974FE3PQ/1>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

HSIAO, H. C. A Brief Review of Digital Games and Learning. In: 2007 FIRST IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON DIGITAL GAME AND INTELLIGENT TOY ENHANCED LEARNING (DIGITH '07) 2007, **Anais...** . In: 2007 FIRST IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON DIGITAL GAME AND INTELLIGENT TOY ENHANCED LEARNING (DIGITH '07). [s.l: s.n.]

HUTZEL, W.; GOODMAN, D. Remotely accessible solar energy laboratory for high school students. In: 34TH ANNUAL FRONTIERS IN EDUCATION, 2004. FIE 2004. 2004, **Anais...** . In: 34TH ANNUAL FRONTIERS IN EDUCATION, 2004. FIE 2004. [s.l: s.n.]

IGUSHI, K.; OGISO, T.; YAMAUCHI, K. Acceleration of reinforcement learning via game-based renewal energy management system. In: 2014 JOINT 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFT COMPUTING AND INTELLIGENT SYSTEMS (SCIS) AND 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED INTELLIGENT SYSTEMS (ISIS) 2014, **Anais...** . In: 2014 JOINT 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFT COMPUTING AND INTELLIGENT SYSTEMS (SCIS) AND 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED INTELLIGENT SYSTEMS (ISIS). [s.l: s.n.]

IMBELLONE, Alfredo; BOTTE, Brunella; MARIA MEDAGLIA, Carlo. Serious Games for Mobile Devices: the InTouch Project Case Study. **International Journal of Serious Games**, [s. l.], v. 2, 2015.

INDRUSIAK, Maria Luiza Sperb et al. Meninas e jovens fazendo ciência: as propostas da engenharia de energia da Unisinos. In: COBENGE–CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 2014, **Anais...** [s.l: s.n.]

JONES, Chris. **Adventure Game Studio**. 2018. Disponível em: <<http://www.adventuregamestudio.co.uk/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

LAAMARTI, Fedwa; EID, Mohamad; EL SADDIK, Abdulmotaleb. An Overview of Serious Games. **International Journal of Computer Games Technology**, [s. l.], v. 2014, p. 1–15, 2014.

LENNON, A.; ABBOTT, M.; MCINTOSH, K. Chasing higher solar cell efficiencies: Engaging students in learning how solar cells are

manufactured. In: 2015 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE) 2015, **Anais...** . In: 2015 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE). [s.l: s.n.]

LIM, Theodore et al. Narrative Serious Game Mechanics (NSGM) – Insights into the Narrative-Pedagogical Mechanism. In: GAMES FOR TRAINING, EDUCATION, HEALTH AND SPORTS 2014, **Anais...** . In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERIOUS GAMES. : Springer, Cham, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05972-3_4>. Acesso em: 27 jul. 2018.

LIU, Z. Exploring the use of virtual environment for international creative education (art design). In: 2017 IEEE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE) 2017, **Anais...** . In: 2017 IEEE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE). [s.l: s.n.]

LOH, C. S.; LI, I. H. Using Players' Gameplay Action-Decision Profiles to Prescribe Training: Reducing Training Costs with Serious Games Analytics. In: 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA SCIENCE AND ADVANCED ANALYTICS (DSAA) 2016, **Anais...** . In: 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA SCIENCE AND ADVANCED ANALYTICS (DSAA). [s.l: s.n.]

LOH, C. S.; SHENG, Y. Performance metrics for serious games: Will the (real) expert please step forward? In: 2013 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GAMES: AI, ANIMATION, MOBILE, INTERACTIVE MULTIMEDIA, EDUCATIONAL SERIOUS GAMES (CGAMES) 2013, **Anais...** . In: 2013 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GAMES: AI, ANIMATION, MOBILE, INTERACTIVE MULTIMEDIA, EDUCATIONAL SERIOUS GAMES (CGAMES). [s.l: s.n.]

LOSH, Elizabeth. The birth of the virtual clinic: The Virtual Terrorism Response Academy as serious game and epistemological space.

Sandbox Symposium 2007 - ACM SIGGRAPH Video Game Symposium, Sandbox '07, [s. l.], p. 73–80, 2007.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 126–143, 2014.

MANZATO, Antonio José; SANTOS, Adriana Barbosa. **Elaboração de Questionários na Pesquisa Quantitativa**, 2012. . Acesso em: 6 jul. 2018.

MARCELINO, Roderval et al. Studying in 3D Environments. **International Journal of Online Engineering (iJOE)**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 11–17, 2014.

MARSH, Tim. Serious games continuum: Between games for purpose and experiential environments for purpose. **Entertainment Computing, Serious Games Development and Applications**. [s. l.], v. 2, n. 2, Serious Games Development and Applications, p. 61–68, 2011.

MASSON, G. et al. **A Snapshot of Global PV Markets - the Latest Survey Results on PV Markets and Policies from the IEA PVPS Programme 2016**. [s.l.] : WIP, 2016.

MASTNY, P. et al. Operational characteristics of photovoltaic systems. In: PROCEEDINGS OF THE 2014 15TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ELECTRIC POWER ENGINEERING (EPE) 2014, **Anais...** . In: PROCEEDINGS OF THE 2014 15TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ELECTRIC POWER ENGINEERING (EPE). [s.l.: s.n.]

MAYER, Igor et al. The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology. **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 502–527, 2014.

MICHAEL, David; CHEN, Sande. **Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform**. [s.l.: s.n.].

MICROSOFT. **XNA Game Studio**. 2018. Disponível em: <[https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb200104\(v=xnagamestudio.40\).aspx](https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb200104(v=xnagamestudio.40).aspx)>. Acesso em: 8 maio. 2018.

MIŁOSZ, M.; MIŁOSZ, E. Developing and implementation of decision-making games for business education of engineering students. In: 2017 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON) 2017, **Anais...** . In: 2017 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON). [s.l: s.n.]

MISTRY, M.; AL-ANAN, M. The Impact of Game Shows on Students' Academic Performance. In: 2015 FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-LEARNING (ECONF) 2015, **Anais...** . In: 2015 FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-LEARNING (ECONF). [s.l: s.n.]

MORSI, R.; MULL, S. Digital Lockdown: A 3D adventure game for engineering education. In: 2015 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE) 2015, **Anais...** . In: 2015 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE). [s.l: s.n.]

MOURA, Daniel de Andrade. **A abordagem da energia na educação não formal: um estudo de caso em museus de ciência**. 2014. Universidade Federal do ABC, [s. l.], 2014.

NAVARRO, Andres; PRADILLA, Juan Vicente; RIOS, Octavio. Open source 3D game engines for serious games modeling. In: **Modeling and Simulation in Engineering**. [s.l.] : InTech, 2012.

OGRE3D. **OGRE**. 2018. Disponível em: <<https://www.ogre3d.org/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

OPEN GAME ART. **OpenGameArt.org**. 2018. Disponível em: <<https://opengameart.org/>>. Acesso em: 31 out. 2018.

PANTCHENKO, O. et al. Work in progress #x2014; Enhancing students learning through instructional videos during hands-on laboratories on renewable energy sources. In: 2011 FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE) 2011, **Anais...** . In: 2011 FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE). [s.l: s.n.]

PAVKOV, S.; FRANKOVIĆ, I.; HOIĆ-BOŽIĆ, N. Comparison of game engines for serious games. In: 2017 40TH INTERNATIONAL CONVENTION ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ELECTRONICS AND MICROELECTRONICS

(MIPRO) 2017, **Anais...** . In: 2017 40TH INTERNATIONAL CONVENTION ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ELECTRONICS AND MICROELECTRONICS (MIPRO). [s.l: s.n.]

PENG, Chao; CAO, Lizhou; TIMALSENA, Sabin. Gamification of Apollo lunar exploration missions for learning engagement. **Entertainment Computing**, [s. l.], v. 19, p. 53–64, 2017.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. [s.l.] : INPE, 2014.

PHILIBERT, Cédric; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (EDS.). **Solar energy perspectives**. Paris: OECD/IEA, 2011.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ. v. 1

PPGTIC. **Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC)**. 2018. Disponível em: <<http://ppgtic.ufsc.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2ª Edição**. [s.l.] : Editora Feevale, 2013.

RAJAKARUNA, S.; ISLAM, S. Building a state of the art laboratory for teaching and research in renewable electric energy systems and microgrids. In: 2011 IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING 2011, **Anais...** . In: 2011 IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING. [s.l: s.n.]

RAMAN, R.; LAL, A.; ACHUTHAN, K. Serious games based approach to cyber security concept learning: Indian context. In: 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN COMPUTING COMMUNICATION AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICGCCEE) 2014, **Anais...** . In: 2014 INTERNATIONAL

CONFERENCE ON GREEN COMPUTING COMMUNICATION AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICGCCEE). [s.l: s.n.]

RUS-CASAS, C. et al. Virtual laboratory for the training and learning of the subject solar resource: OrientSol 2.0. In: 2014 XI TECNOLOGIAS APLICADAS A LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRONICA (TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING) (TAEE) 2014, **Anais...** . In: 2014 XI TECNOLOGIAS APLICADAS A LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRONICA (TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING) (TAEE). [s.l: s.n.]

SANMUGAM, M. et al. The impacts of infusing game elements and gamification in learning. In: 2016 IEEE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION (ICEED) 2016, **Anais...** . In: 2016 IEEE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION (ICEED). [s.l: s.n.]

SATO, Adriana Kei Ohashi; CARDOSO, Marcos Vinicius. Além do gênero: uma possibilidade para a classificação de jogos. **SBC- Proceedings of SBGames**, [s. l.], v. 8, p. 54–63, 2014.

SCHELL, Jesse. **The Art of Game Design : A Book of Lenses, Second Edition**. [s.l.] : A K Peters/CRC Press, 2014. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/books/9781466598676>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

SCIRRA. **Create Games with Construct 2**. 2018. Disponível em: <<https://www.scirra.com/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

SEN, P. K. Electric power and energy engineering education in USA: A status report, issues and challenges. In: 2011 RURAL ELECTRIC POWER CONFERENCE 2011, **Anais...** . In: 2011 RURAL ELECTRIC POWER CONFERENCE. [s.l: s.n.]

SHOUKRY, L.; GOBEL, S. Reasons and Responses: A Multimodal Serious Games Evaluation Framework. **IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing**, [s. l.], p. 1–1, 2017.

SICART, Miguel. Loops and Metagames: Understanding Game Design Structures. In: FDG 2015, **Anais...** [s.l: s.n.]

SILVA, Rutelly Marques Da. Energia solar no Brasil: dos incentivos ao desafios. [s. l.], 2015.

ŠIPOŠ, M.; BALEN, J. A survey of e-learning usage in a three-dimensional virtual environment second life. In: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (SST) 2017, **Anais...** . In: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (SST). [s.l: s.n.]

SMETS, A. H. M. Results on the TUDelft solar energy massive open online course: Reaching out to more than 150.000 students around the world. In: 2016 IEEE 43RD PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE (PVSC) 2016, **Anais...** . In: 2016 IEEE 43RD PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE (PVSC). [s.l: s.n.]

SOUSA, J. L.; PIRES, V. F. A physical laboratory for energy efficiency education. In: 2010 IEEE REGION 8 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL TECHNOLOGIES IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING (SIBIRCON) 2010, **Anais...** . In: 2010 IEEE REGION 8 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL TECHNOLOGIES IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING (SIBIRCON). [s.l: s.n.]

STUYTS, J.; DRIESEN, J. Lumen: Educating youngsters about energy, using Minecraft. In: 2016 IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING (PESGM) 2016, **Anais...** . In: 2016 IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING (PESGM). [s.l: s.n.]

SUSI, Tarja; JOHANNESON, Mikael; BACKLUND, Per. **Serious Games: An Overview**. [s.l.] : Institutionen för kommunikation och information, 2007. Disponível em: <<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-1279>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

TAVAKOLI, S. et al. Skill development in the wind energy sector: A serious game development approach. In: 2017 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON) 2017, **Anais...** . In: 2017 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON). [s.l: s.n.]

TOBARRA, L. et al. Low-cost remote laboratories for renewable energy in distance education. In: 2014 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION (REV) 2014, **Anais...** . In: 2014 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION (REV). [s.l: s.n.]

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity**. 2018. Disponível em: <<https://unity3d.com/>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

URBANETZ JUNIOR, Jair. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

VALDEZ, M. T.; FERREIRA, C. M.; BARBOSA, F. P. M. 3D virtual laboratory for teaching circuit theory #x2014; A virtual learning environment (VLE). In: 2016 51ST INTERNATIONAL UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE (UPEC) 2016, **Anais...** . In: 2016 51ST INTERNATIONAL UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE (UPEC). [s.l: s.n.]

VALLÊRA, António Manuel; BRITO, M. MEIO SÉCULO DE HISTÓRIA FOTOVOLTAICA. [s. l.], 2008.

VALVE. **Source Engine**. 2018. Disponível em: <https://developer.valvesoftware.com/wiki/Main_Page>. Acesso em: 8 maio. 2018.

VEISSID, Nelson; BARUEL, Mário Ferreira. **Energia Solar e sua Aplicação em Satélites**. São José dos Campos, SP: SindCT, 2012.

WAINER, Jacques. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. **Atualização em informática**, [s. l.], v. 1, p. 221–262, 2007.

WEC, World Energy Council. World Energy Resources 2016. In: [s.l: s.n.].

XENOS, M. et al. Game-based learning using a 3D virtual world in computer engineering education. In: 2017 IEEE GLOBAL

ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON) 2017, **Anais...** . In: 2017 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON). [s.l: s.n.]

YOYO GAMES. **GameMaker**. 2018. Disponível em: <<http://www.yoyogames.com/gamemaker>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

ZAPUŠEK, M.; CERAR, Š.; RUGELJ, J. Serious computer games as instructional technology. In: 2011 PROCEEDINGS OF THE 34TH INTERNATIONAL CONVENTION MIPRO 2011, **Anais...** . In: 2011 PROCEEDINGS OF THE 34TH INTERNATIONAL CONVENTION MIPRO. [s.l: s.n.]

ZOMER, Clarissa Debiazi. **Megawatt Solar: geração solar fotovoltaica integrada a uma edificação inserida em meio urbano e conectada à rede elétrica. Estudo de caso: Edifício Sede da Eletrosul, Florianópolis-Santa Catarina**. 2012. [s. l.], 2012.

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. **Computer**, [s. l.], v. 38, n. 9, p. 25–32, 2005.

APÊNDICE A – Questionário de Avaliação do Jogo Sérió

Universidade Federal de Santa Catarina
 Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e
 Comunicação
 Mestrando Ramon Venson
 Orientador Roderval Marcelino

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO USO DO JOGO PHOTOTYPE

Você foi convidado a participar a avaliação do jogo de apoio à fixação do conteúdo de sistemas fotovoltaicos, o Phototype. Esta pesquisa faz parte da dissertação de mestrado em Tecnologia da Informação e Comunicação, do mestrando Ramon Venson. Agradecemos desde já a sua participação.

Sobre o jogador

Idade		Sexo	
Curso		Fase	

Afirmiação	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
Tenho experiência no uso de jogos eletrônicos para entretenimento.					
Já utilizei jogos eletrônicos como uma ferramenta para estudo.					
Já domino os conceitos relacionados a sistemas fotovoltaicos.					

Sobre as mecânicas de jogo

Afirmção	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
Os objetivos no jogo são facilmente compreendidos pelo jogador.					
A história do jogo é bem apresentada e de fácil compreensão.					
A interação com os elementos do jogo (painéis, telas, menus) é fácil e intuitiva.					
A linguagem utilizadas no jogo é de fácil entendimento.					
Não encontrei encontrei erros relacionados ao jogo do início ao fim.					

Sobre a fixação do conteúdo e aprendizado

Afirmção	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
Por meio da utilização do jogo foi possível explorar os conceitos de sistemas fotovoltaicos.					
O jogo é útil para a fixação do conteúdo sobre sistemas fotovoltaicos.					
As informações e ambientação apresentada pelo jogo são suficientes para o reconhecimento dos elementos sobre sistemas fotovoltaicos.					

Os conhecimentos exigidos pelo jogo são complicados demais.					
A fixação dos conteúdos relacionados a sistemas fotovoltaicos foi divertida e prazerosa.					
Foi necessário consultar material sobre sistemas fotovoltaicos em algum momento					

Outras sugestões

Quais as suas críticas, elogios e sugestões para o jogo?

Obrigado pela disposição,

Ramon Venson

APÊNDICE B – Documentação do Jogo Sérió Phototype

Ambientação Geral

O Phototype é um jogo sério de ação em primeira pessoa que, por meio de um enredo futurístico, apresenta desafios pertinentes à profissionais e estudantes da área de Engenharia de Energia, especialmente sobre de sistemas fotovoltaicos.

Enredo

Em meio a uma invasão de uma raça alienígena de um planeta desconhecido pela raça humana, engenheiros instalados em uma base espacial na lua não obtiveram sucesso completo em destruir a nave-mãe dos invasores e o ataque inimigo avançou.

Já estacionados na superfície da Terra, os alienígenas tomaram o controle de importantes plantas de geração de energia fotovoltaica, que fornecem energia para as principais redes de defesa do planeta. Ainda que desconhecido aos terráqueos, o principal objetivo dessa raça é enfraquecer as defesas terrestres, tomar o controle dos bens naturais e empregar a população na exploração dos recursos necessários para a sobrevivência dessa raça predadora.

Ainda desgastados pela batalha anterior, os alienígenas não puderam destruir completamente os módulos fotovoltaicos das plantas de geração energia, mas o rendimento obtido por elas não é mais suficiente para rechaçar a investida dos extraterrestres com eficiência.

Com recursos reduzidos, um dos engenheiros militares do projeto das plantas é designado para enfrentar os alienígenas, reestabelecer a geração de energia em três plantas fotovoltaicas espalhadas pelo globo terrestre e reativar os módulos de defesa do planeta. Assim, o jogador assume o papel de um desses engenheiros que, com a ajuda da equipe de cientistas do projeto, eliminará os invasores extraterrestres e salvará o planeta Terra.

Sala de Controle



Sala de Controle, o primeiro cenário do jogo

A sala de controle é o ambiente inicial onde o jogador interage com a jogabilidade do personagem em segurança. Caso o jogador tenha escolhido iniciar o tutorial de ajuda no início do jogo, deverá cumprir alguns objetivos antes de avançar para os próximos estágios. Ao iniciar, o jogador recebe instruções na tela sobre o estágio e sobre as tarefas à serem executadas.

O primeiro objetivo do jogador neste cenário é encontrar a arma utilizada para expulsar os inimigos e limpar os painéis fotovoltaicos. Logo após localizar e coletar a arma, o jogador avança para o segundo objetivo, onde deve realizar a limpeza de dois painéis fotovoltaicos localizados na parte externa da sala de controle. Ao finalizar este objetivo, o jogador pode avançar para o teletransporte, localizado na parte interna da instalação, com o objetivo de escolher um dos cenários apresentados a seguir.

Como estes objetivos possuem apenas a finalidade de apresentar algumas mecânicas básicas ao jogador, caso o jogador não tenha escolhido passar pelo tutorial inicial, poderá avançar para o teletransporte sem necessidade de executar os objetivos apresentados.

Cenário: Brasil

Este cenário está ambientado em meio a uma floresta no Brasil e possui como objetivo a limpeza de três strings de painéis fotovoltaicos. Para isso, o jogador deverá utilizar o modo secundário da sua arma e ficar atento ao indicador de potência das instalações, para que atinjam um valor mínimo de operação. Alienígenas inimigos teleportam-se quando o jogador passa por alguns locais pré-determinados com o objetivo de atrapalhar os objetivos do jogador.

Ao finalizar todas as três strings, o jogador deve voltar ao teletransporte da instalação onde iniciou este cenário e escolher uma nova localização.

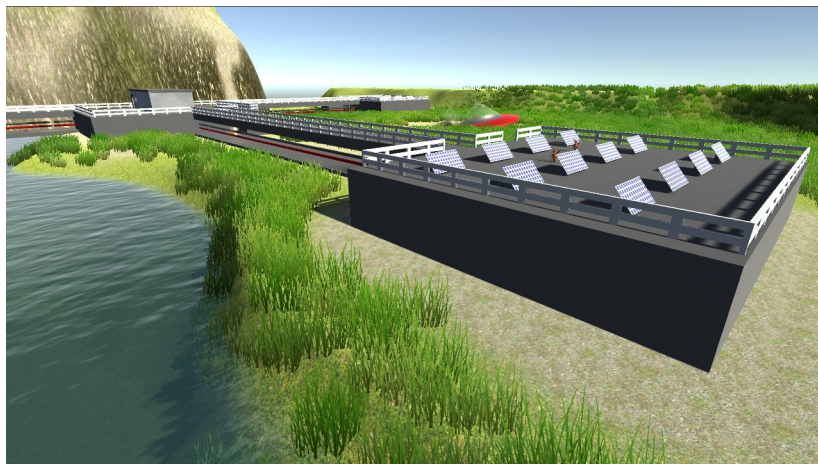


Ambientação do cenário no Brasil

Cenário: Irlanda do Norte

Este cenário está ambientado em um local da Irlanda do Norte e possui como objetivo reestabelecer o funcionamento de três strings de painéis fotovoltaicos. Para isso, o jogador deve reparar as ligações danificadas entre estas strings, apagando os locais em chamas com o modo secundário da arma e restaurando as fibras de energia. Vários alienígenas estão inicialmente espalhados por este cenário com a função de atrapalhar a execução do objetivo pelo jogador.

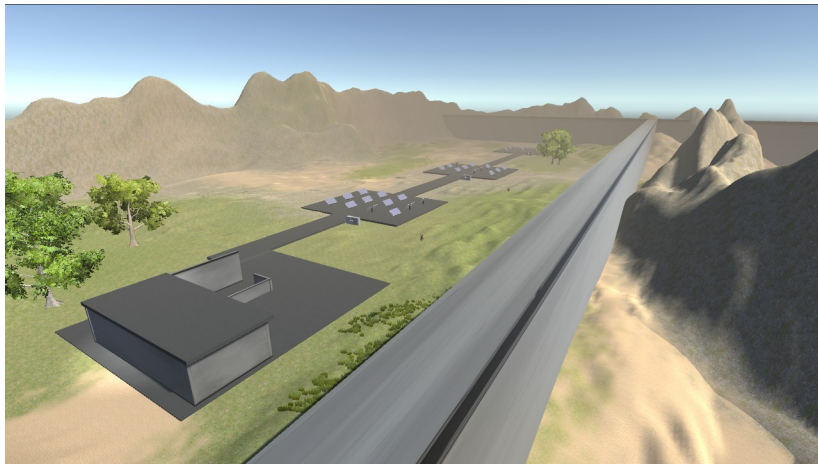
Ao reestabelecer o funcionamento de todas as três strings, o jogador deve voltar ao teletransporte da instalação onde iniciou este cenário e escolher uma nova localização.



Ambientação do cenário da Irlanda do Norte

Cenário: Área 25

Este cenário está ambientado em uma localização aleatória e possui como objetivo principal a redefinição da orientação dos painéis fotovoltaicos de três strings, de forma que gerem uma maior quantidade de energia. A localização aleatória deste nível tem como propósito oferecer opções diferentes para cada sessão de jogo, tornando a sua resolução menos óbvia. Alienígenas teletransportam em todo cenário com uma frequência maior do que os outros cenários, atrapalhando o jogador na execução de sua tarefa.



Ambientação do cenário na Área 25

Ao atingir uma quantidade mínima de geração de energia em todas as três strings, o jogador deve voltar ao teletransporte da instalação onde iniciou este cenário e escolher uma nova localização.

Cenário: Desafio Final



Super-alienígena e canhão laser no último estágio do jogo

Este cenário é habilitado apenas depois que o jogador finaliza com sucesso todos os três estágios anteriores. Como não é possível acessar esse cenário pelo teletransporte, o jogador é automaticamente

enviado para este nível assim que todos os objetivos dos outros três cenários são completados com sucesso.

O jogador tem como objetivo neste cenário carregar e ativar um canhão laser que pode rechaçar o ataque de um super-alienígena, capaz de criar e atacar com esferas de energia que produzem dano ao jogador. Para isso, o jogador tem a disposição três painéis fotovoltaicos que precisam ser realinhados e limpos, além de restaurar uma das conexões danificadas na bateria do canhão, tal qual o jogador já realizou nos estágios anteriores.

Além de proteger-se das esferas de energia, o jogador também precisa proteger-se dos alienígenas que são teletransportados continuamente no cenário.

Ao atingir o valor mínimo de carga, o canhão pode ser disparado e o super-alienígena é rechaçado junto com seu exército. O jogador então recebe as congratulações da equipe do projeto.

Créditos



Animação final do jogo e tela de créditos

Ao terminar o jogo, uma sequência de texto é iniciada e apresenta o final do enredo do jogo. Após a sequência de créditos e uma animação de um dos inimigos alienígenas percorrendo todos os cenários de jogo, o jogador recebe sua pontuação final, que é registrada e pode ser acessada no menu principal do jogo.

Personagem

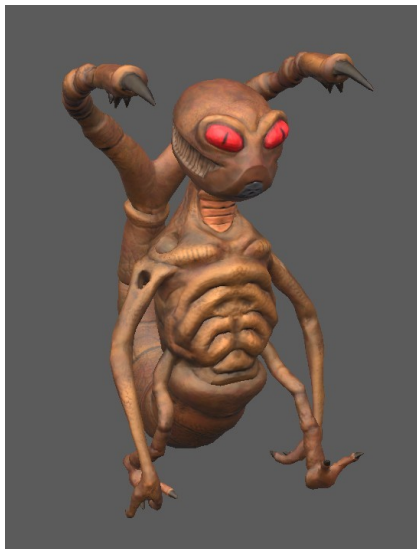


Personagem principal em frente ao teletransporte

O personagem do jogo é controlado pelo jogador por meio da visão em primeira pessoa e pode realizar ações básicas de movimento da câmera, movimentação espacial, pular e correr. Quando equipado com a arma, o jogador poderá também executar as ações de atirar um laser e lançar um jato de ar.

O personagem possui uma barra de saúde, que pode receber danos ao cair de grandes alturas, ser atingido pelos ataques de inimigos ou pelas esferas de energia. Ao consumir toda sua energia, o jogador recebe uma tela de falha na missão e retorna ao ponto inicial do cenário onde estava.

Inimigos



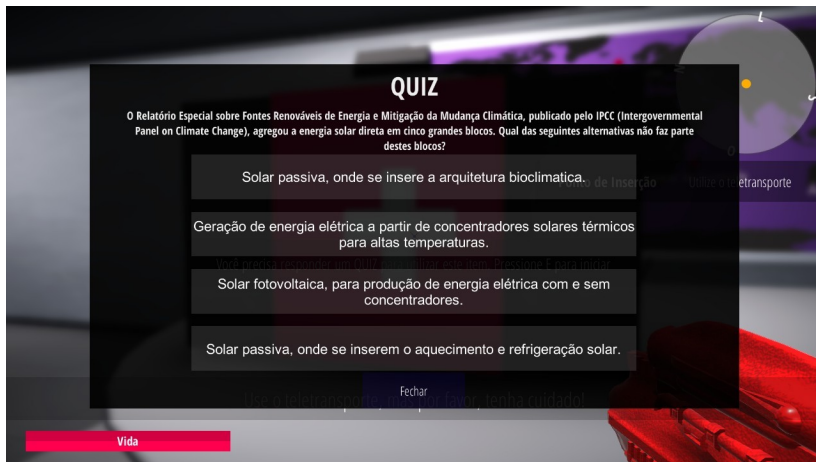
Modelo do principal inimigo do jogo, o Alienígena

O principal inimigo apresentado pelo jogo é um alienígena que usualmente teletransporta-se para a localização do jogador. Este alienígena ataca o jogador utilizando um ataque físico e de curta distância.

Ao receber três tiros de laser, o alienígena realiza teletransporte para fora do cenário e não oferece mais riscos ao jogador.

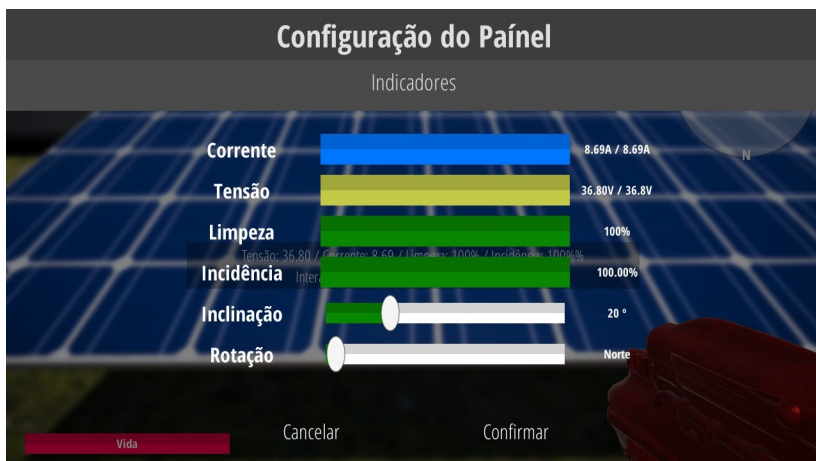
Maleta de Energia

Durante todos os cenários do jogo, o jogador pode encontrar maletas de energia que possuem a finalidade de recuperar a saúde do jogador. No entanto, para receber o benefício, o jogador precisa responder uma pergunta aleatória gerada no momento que acessa o item. Caso o jogador responda corretamente, terá sua saúde recuperada. Caso erre, nada acontece ao jogador.



Tela da pergunta acionada pela maleta de energia

Panel Fotovoltaico



Tela principal de controle do painel fotovoltaico

O painel fotovoltaico pode ser acessado pelo jogador por meio da tecla de ação. No menu que se abre, é possível visualizar parâmetros como tensão e corrente. Outros parâmetros como limpeza e incidência solar, podem ser manipulados pelo jogador alterando a inclinação e orientação do painel e realizando a limpeza fora do menu de jogo.

Teletransporte



Menu do teletransporte

O teletransporte é o principal meio de transporte do jogador durante o jogo, permitindo ao personagem principal deslocar-se entre os diferentes cenários de jogo, incluindo a sala de controle. O Desafio Final, como observado anteriormente, não é acessível por meio deste menu, já que sua execução é realizada automaticamente após o jogador cumprir com os objetivos de todos os cenários disponíveis.

Controles

As teclas de jogo podem ser alteradas pelo menu de inicialização do jogo, mas são padronizados de acordo com o motor de jogo Unity.

TECLA	FUNÇÃO
Mouse	Movimentação da câmera do personagem
Botão Direito do Mouse	Função secundária da arma (jato de ar)
Botão Esquerdo do Mouse	Função primária da arma (laser)
W ou tecla direcional para cima	Movimenta o personagem para frente
S ou tecla direcional para baixo	Movimenta o personagem para trás
A ou tecla direcional para	Movimenta o personagem para direita

esquerda	
D ou tecla direcional para direita	Movimenta o personagem para esquerda
E	Interage com objetos
Shift	Correr
Espaço	Pular