



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
HUMANO E TECNOLOGIAS**

---

**LEO3D: AMBIENTE DIGITAL MULTIDIDÁTICO PARA O ENSINO DE  
ÓPTICA GEOMÉTRICA**

**ANDRÉ LUIGI AMARAL DI SALVO**



Rio Claro  
2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



---

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

---

### LEO3D: AMBIENTE DIGITAL MULTIDIDÁTICO PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

**ANDRÉ LUIGI AMARAL DI SALVO**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como pré-requisito para a obtenção do título de Doutor no programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias (Área de Tecnologia nas Dinâmicas Corporais).

**Orientadora:** Dra. Adriane Beatriz de Souza Serapião

Rio Claro  
2018

370.285 Di Salvo, André Luigi Amaral  
D536L LEO3D : ambiente digital multididático para o ensino de  
óptica geométrica / André Luigi Amaral Di Salvo. - Rio  
Claro, 2018  
221 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientadora: Adriane Beatriz de Souza Serapião

1. Tecnologia educacional. 2. Jogos educacionais digitais.  
3. Óptica geométrica. 4. Física. 5. Avaliação. I. Título.


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: AMBIENTE DIGITAL MULTIDIDÁTICO PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA:  
LEO3D - UMA AVENTURA PELO O MUNDO DA ÓPTICA

**AUTOR: ANDRÉ LUIGI AMARAL DI SALVO**

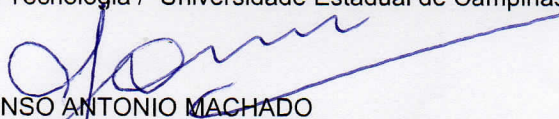
**ORIENTADORA: ADRIANE BEATRIZ DE SOUZA SERAPIÃO**


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: TECNOLOGIAS NAS DINÂMICAS CORPORAIS pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dra. ADRIANE BEATRIZ DE SOUZA SERAPIÃO  
DEMAC / UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Câmpus Rio Claro - SP

Prof. Dr. ALEX FERNANDES DA VEIGA MACHADO  
Instituto Federal de Educação / Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - MG

Prof. Dr. MARCOS AUGUSTO FRANCISCO BORGES  
Faculdade de Tecnologia / Universidade Estadual de Campinas / Câmpus Limeira - SP

  
Prof. Dr. AFONSO ANTONIO MACHADO  
Depto de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

  
Prof. Dr. MARCUS VINICIUS MALTEMPI  
DEMAC / UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas Rio Claro- SP

Rio Claro, 03 de julho de 2018

TÍTULO ALTERADO PARA:

**Leo 3D: Ambiente Digital Multididático para o ensino de óptica geométrica**



## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, agradeço a Deus por permitir que eu chegasse até aqui, dando-me saúde, sabedoria e proteção.

Aos meus pais, que durante toda a vida estiveram do meu lado em todas as decisões tomadas, apoiando, criticando e orientando. Além disso, nunca mediram esforços para que eu tivesse um ensino de qualidade, mesmo alguns momentos abdicando de seus prazeres ou desejos. Obrigado Pai e Mãe.

À minha esposa, que soube entender e respeitar os momentos difíceis que essa etapa exigiu, me dando forças para continuar nesse caminho.

Ao meu filho, grande amigo e inspirador deste trabalho, pois além de trazer sempre um sorriso no rosto, estava sempre interessado em saber como andava os estudos. Valeu filho !!!

À minha irmã, que mesmo estando longe, foi sempre um exemplo de dedicação aos estudos.

À minha orientadora, Professora Dra. Adriane Beatriz de Souza Serapião, que soube com maestria conduzir-me pelos caminhos da ciência. Obrigado pela paciência e conselhos dados ao longo dessa caminhada.

Aos Professores Afonso Antônio e Alex Fernandes da Veiga Machado, pelos conselhos e contribuições dadas ao trabalho no momento da qualificação.

Aos Professores e Equipe Pedagógica do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes que participaram direta ou indiretamente, apoiando e dando todo o suporte necessário para a conclusão desse trabalho.

Aos alunos do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, que disponibilizaram seu corrido tempo na execução de testes e avaliações da ferramenta desenvolvida.

Ao amigo José Hugo, fiel companheiro nos estudos e por me ajudar nos momentos de tradução com a língua inglesa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais por permitir a capacitação de seus servidores.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias da UNESP e a todos os seus servidores que se fizeram presentes nos momentos necessários.

E a todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A educação no Século XXI passa por um grande desafio: de um lado, alunos que nasceram e cresceram imersos em um mundo de tecnologias digitais; do outro, professores que, em sua maioria, foram formados por sistemas nos quais essas tecnologias não estavam presentes, nem foram posteriormente integradas à sua formação. Tal contraponto tem provocado uma série de descontentamentos em ambos os lados. Para tentar minimizar esse problema, este trabalho apresenta um novo tipo de ferramenta digital: um jogo educacional que utiliza os preceitos de mundos virtuais, laboratórios de simulação e jogos de entretenimento, para explorar os conteúdos de óptica geométrica. A ferramenta foi concebida, construída e testada por uma equipe multidisciplinar composta por professores, pedagogos e alunos, usando-se as premissas do Design Participativo. Para testar sua eficiência, tanto no ensino regular quanto em ambientes de ensino a distância, quatro experimentos distintos foram conduzidos nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, contando com a participação de 190 alunos pertencentes aos quatro cursos técnicos ofertados pelo campus – Agropecuária, Alimentos, Agrimensura e Informática. Os alunos foram divididos em dois grupos: controle (sem acesso ao *software*) e experimental (com acesso ao *software*). Todos foram avaliados em dois momentos distintos: pré e pós-teste. Os dados coletados durante o período de intervenção foram submetidos a análises estatísticas descritivas e inferenciais. Os resultados indicam que os alunos que tiveram acesso ao *software* apresentaram ganhos significativos de média, fato este não observado no grupo que não teve acesso. Além dessa análise, o software foi submetido à escala *EGameFlow*, que avaliou a presença de uma série de características necessárias a um jogo digital, dentre as quais imersão, concentração e motivação. Os resultados dessa análise mostraram-se também favoráveis à utilização desse tipo de ferramenta como recurso didático, com a maioria dos entrevistados indicando que ele auxilia o processo ensino/aprendizagem.

**Palavras-chave:** Jogos educacionais digitais. Óptica geométrica. Física. Avaliação.

## ABSTRACT

Education in the 21st century is facing a huge challenge: on one hand are the students who were born to and are growing up immersed in a technological world; on the other are teachers formed by systems in which technology was not present, nor was it integrated to their formation later on. Such counterpoint has been the cause of much discontentment on both sides. As an attempt to minimize the problem, this work presents a new type on digital tool: an educational game that utilizes the precepts of virtual worlds, simulation laboratories and leisure games, to explore contents of Geometric Optics, in order to enhance the teaching-learning process. This tool was conceived, constructed and tested by a multi-disciplinary team consisting of teachers, pedagogues, and students, under the Participative Design approach. Four experiments were carried out in order to test its efficiency, both in traditional and distance learning environments, using the facilities at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes. 190 students from all of the four technical courses offered in the campus – Farming, Food Processing, Land Mapping e Informatics - agreed to attend the experiment. They were separated into two groups: a control group (without access to the software), and an experimental group (with full access to the software). All the students were evaluated in two distinct moments: prior to test and post-test. Data collected during intervention were submitted to statistical descriptive inferential analyses, and the results indicate that the students who had full access to the software averaged significantly higher, as compared to the other group. Besides the tests for efficiency in the teaching-learning process, the software was also evaluated using the EGameFlow scale as for the required features for a digital game, among which are immersion, concentration and motivation. The results were also favorable in respect to the utilization of this type of tool as a didactic resource, with the majority of those surveyed pointing out that it does enhance the teaching-learning process.

**Key words:** Educational digital games. Geometric Optics. Physics. Evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: 4ª fase do Magnet 3D. ....	35
Figura 2: Telas do Lights. ....	36
Figura 3: Tela do A Game About Lights - Global Game Jam 2017.....	37
Figura 4: Condições básicas para aprendizagem significativa .....	38
Figura 5: Convergência das áreas – Jogos Sérios.....	39
Figura 6: Etapas do Processo de Software de acordo com Sommerville (2011). ....	40
Figura 7: Modelos de processos. ....	41
Figura 8: Visão geral das metodologias e processos de desenvolvimento.....	45
Figura 9: Inter-relações de aprendizagem/treinamento, simulação e jogos.....	45
Figura 10: Metodologia DevJSTA. ....	46
Figura 11: exemplo de uma interface ingame (jogo METALmorphosis). ....	54
Figura 12: Tipos de câmeras segundo Ferreira (2013). ....	57
Figura 13: Tipos de gráficos segundo Ferreira (2013).....	57
Figura 14: Efeito lens flare. ....	67
Figura 15: Sistema de partículas simulando um incêndio. ....	68
Figura 16: Efeito motion blur.....	68
Figura 17: logotipo do Leo3D em fundo branco e fundo preto.....	79
Figura 18: Menu de ação lateral e inferior.....	80
Figura 19: Cenário do laboratório de sombras. ....	82
Figura 20: Tela de conclusão de uma das fases.....	83
Figura 21: LDV Objetos e suas cores. ....	84
Figura 22: Avatares disponíveis no jogo. ....	86
Figura 23: BVS de configuração da resolução do jogo.....	87
Figura 24: Tela de abertura do Leo3D. ....	88
Figura 25: Interface outgame – Opções gráficas.....	89
Figura 26: Interface ingame – segunda fase do Leo3D.....	89



Figura 27: Práticas e atores envolvidos em cada etapa do processo.....	91
Figura 28: Infográfico do processo de condução do DP.....	93
Figura 29: fantasma extraído do SketchUP - 3D Warehouse.....	94
Figura 30: Objeto 3D criado com técnica de interpolação spline.....	96
Figura 31: Imagem utilizada na tela de abertura do jogo.....	97
Figura 32: Chibi Characters.....	98
Figura 33: Layouter Blue Print Level Generator.....	98
Figura 34: Taiku Menus – First Edition.....	99
Figura 35: Automotive materials e laboratório de espelhos planos.....	99
Figura 36: PolyPixel Freebie Pack e laboratório “Relógio Solar”.....	100
Figura 37: Laboratórios didáticos.....	101
Figura 38: Menu jogar com acesso às fases do jogo.....	102
Figura 39: Opções gráficas.....	103
Figura 40: Créditos do jogo.....	103
Figura 41: Albert Explica – Laboratório objetos e suas cores.....	106
Figura 42: Modelos de concepções alternativas. Adaptado de Dedes (2005).....	110
Figura 43: Desenho experimental – Teste piloto.....	112
Figura 44: Desenho experimental – Experimento I.....	112
Figura 45: Desenho experimental – Experimento III.....	113
Figura 46: Desenho experimental – Experimento IV.....	113
Figura 47: Alunos acima da média – Teste Piloto.....	119
Figura 48: Alunos por faixa de pontuação – Teste Piloto.....	119
Figura 49: Percentual de acerto por questões – Teste Piloto.....	120
Figura 50: Desempenho individual – Teste Piloto.....	121
Figura 51: Desempenho na questão aberta – Teste Piloto.....	122
Figura 52: Alunos acima da média – Experimento I.....	129
Figura 53: Desempenho individual – Experimento I.....	130
Figura 54: Índice de acerto por questão – Experimento I.....	130

Figura 55: Diferença de apresentação – refração da luz.....	132
Figura 56: Comparativo de desempenho por grupo de questões – Experimento I. ....	133
Figura 57: Concepções alternativas – traçado dos raios – Experimento I. ....	135
Figura 58: Variação entre os grupos no Pré e no Pós-teste – Modelos de visão – Experimento I. ....	135
Figura 59: Faces de Chernoff do EGameFlow – Experimento I. ....	140
Figura 60: Traçado dos raios – Experimento II.....	144

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos de processos segundo Somerville (2011). .....	41
Tabela 2: Recursos ingame/outgame. ....	53
Tabela 3: Comparativo entre os métodos de avaliação de jogos. ....	60
Tabela 4: Critério Acessibilidade.....	65
Tabela 5: Compatibilidade das engines com os sistemas operacionais. ....	67
Tabela 6: Fidelidade audiovisual.....	69
Tabela 7: Fidelidade funcional. ....	71
Tabela 8: Classificação do jogo proposto de acordo com Ferreira (2013).....	74
Tabela 9: Principais funções do sistema instanciadas na Game Instance.....	87
Tabela 10: Relação de laboratórios presentes no Leo3D e conteúdos abordados.....	105
Tabela 11: Descrição dos experimentos. ....	112
Tabela 12: Teste t de Student – Teste Piloto. ....	118
Tabela 13: Médias das avaliações – EGameFlow adaptado – Teste Piloto. ....	123
Tabela 14: Perfil dos professores envolvidos – Experimento I. ....	126
Tabela 15: Análise da variância entre as turmas no pré-teste – Experimento I. ....	126
Tabela 16: Teste t de Student – grupo controle – Experimento I.....	127
Tabela 17: Desempenho das turmas – Experimento I.....	129
Tabela 18: Índice de acerto na questão #18 – Experimento I.....	134
Tabela 19: Interdisciplinaridade entre o português e a física – Experimento I.....	136
Tabela 20: Resumo dos alunos com dificuldades de aprendizagem – Experimento I. ....	137
Tabela 21: Médias das dimensões por grupo - EGameFlow.....	138
Tabela 22: Dimensões e elementos do Chernoff faces – Experimento I. ....	139
Tabela 23: Respostas do EGameFlow no Experimento I. ....	141
Tabela 24: Teste t de Student – Experimento II. ....	143
Tabela 25: Teste t de Student – Experimento III. ....	145

## LISTA DE ABREVIações

ADM	
Ambiente Digital Multididático .....	23
ANOVA	
Análise de Variância.....	114
APIs	
Application Programming Interfaces.....	69
BVS	
Blueprints Visual Scripting.....	86
DevJSTA	
Desenvolvimento de Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação de Desempenho Humano.....	44
DP	
Design Participativo.....	46
EaD	
Ensino a Distância.....	24
EM	
Ensino Médio.....	21
ENEM	
Exame Nacional do Ensino Médio.....	109
ES	
Engenharia de Software .....	24, 40
ETD	
Equipe Técnica de Desenvolvimento .....	91
FPS	
Frame per Second.....	102
GE	
Game Engine .....	62
GTA	
Grand Theft Auto.....	77
IFSULDEMINAS	
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais.....	66
IG	
indie games.....	57
JED	
Jogos Educacionais Digitais.....	20

JIFS	
Jogos Internos dos Institutos Federais .....	117
JS	
Jogos Sérios.....	20
JSTA	
Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação do Desempenho Humano .....	44
LAMIF	
Laboratório de Multimídia Interativa do IFSUDESTE .....	29
LDB	
Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.....	22
LDV	
Laboratório Didático Virtual .....	23
LOA	
Laboratório de Objetos de Aprendizagem.....	29
LORI	
Learning Objects Review Instrument.....	59
Moodle	
Modular Object-Oriented Dynamics Learning Environment.....	19
MVT	
Mundos Virtuais Tridimensionais.....	21
NE	
Necessidade Específica .....	115
OG	
Óptica Geométrica .....	21
PNLD	
Plano Nacional do Livro Didático.....	22
PS	
Processo de Software .....	40
<i>RPG</i>	
Role-playing Game.....	55
SBGAMES	
Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital .....	30
SBIE	
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação .....	30
TDAH	
Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade .....	31
TDC	



Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação .....	33
TIC	
Tecnologia da Informação e Comunicação .....	18
UFA	
Usuários Finais Aprendizes .....	91
UFE	
Usuários Finais Especialistas .....	91
UsaECG	
Usability of Educational Computer Games .....	59

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1 Objetivos .....	23
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	24
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	24
1.2 Delimitação do estudo .....	24
1.3 Organização do trabalho .....	25
<b>2 APORTE TEÓRICO</b> .....	<b>26</b>
2.1 O lúdico, o jogo e a educação .....	26
2.2 Os jogos no ambiente escolar .....	28
2.3 Jogos no atendimento especial .....	31
2.4 Jogos no ensino de física .....	33
2.5 Aprendizagem Significativa .....	37
2.6 Processo de Desenvolvimento .....	39
2.6.1 <i>Modelos de Processos de Software</i> .....	41
2.7 Metodologias de Desenvolvimento .....	42
2.8 Design Participativo .....	46
2.9 Etapas no processo de desenvolvimento de um jogo .....	48
2.9.1 <i>Etapa conceitual</i> .....	49
2.9.2 <i>Gameplay</i> .....	50
2.9.3 <i>Mecânica de um jogo</i> .....	50
2.9.4 <i>Narrativa ou enredo</i> .....	51
2.9.5 <i>Modelagem 3D</i> .....	52
2.9.6 <i>Interfaces gráficas</i> .....	53
2.9.7 <i>Definição do nome e logotipo</i> .....	54
2.9.8 <i>Codificação</i> .....	55
2.10 Categorização dos jogos .....	55
2.11 Métodos de avaliação de um jogo .....	59
2.12 Considerações finais sobre o capítulo .....	60
<b>3 MOTORES GRÁFICOS</b> .....	<b>62</b>
3.1 Criação de um jogo – <i>Game Engine</i> .....	62
3.2 Escolha da <i>Game Engine</i> .....	63
3.2.1 <i>Principais características e recursos</i> .....	63
3.2.2 <i>Acessibilidade</i> .....	65
3.2.3 <i>Heterogeneidade</i> .....	66
3.2.4 <i>Fidelidade audiovisual</i> .....	67
3.2.5 <i>Rede</i> .....	70
3.2.6 <i>Fidelidade funcional</i> .....	70

3.3	Escolha da <i>engine</i> .....	71
3.4	Considerações finais sobre o capítulo.....	72
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO LEO3D.....</b>	<b>73</b>
4.1	Escolha do conteúdo .....	73
4.2	Definição do tipo de jogo .....	74
4.3	Escolha da metodologia e do processo de desenvolvimento .....	75
4.4	Etapas de desenvolvimento .....	76
4.4.1	<i>Etapa conceitual</i> .....	76
4.4.2	<i>Definição do nome e logotipo do jogo</i> .....	78
4.4.3	<i>Mecânica do jogo</i> .....	79
4.4.4	<i>Enredo do jogo</i> .....	80
4.4.5	<i>Criação dos cenários dos laboratórios didáticos virtuais</i> .....	81
4.4.6	<i>Criação dos cenários das fases jogáveis</i> .....	82
4.4.7	<i>Sistema de recompensas</i> .....	83
4.4.8	<i>Iluminação dos ambientes</i> .....	84
4.4.9	<i>Avatar</i> .....	84
4.4.10	<i>Personalização e codificação de objetos</i> .....	86
4.4.11	<i>Interfaces gráficas</i> .....	88
4.4.12	<i>Testes e análise dos ambientes desenvolvidos</i> .....	90
4.5	Condução do Design Participativo na execução do projeto .....	90
4.6	Ferramentas adicionais utilizadas .....	93
4.6.1	<i>SketchUP</i> .....	93
4.6.2	<i>Corel Draw</i> .....	94
4.6.3	<i>Camtasia Studio</i> .....	95
4.6.4	<i>Blender</i> .....	95
4.6.5	<i>Recursos audiovisuais</i> .....	96
4.6.6	<i>Market Place Unreal Engine</i> .....	97
4.7	Considerações finais .....	100
<b>5</b>	<b>LEO3D – UMA AVENTURA PELO MUNDO DA ÓPTICA.....</b>	<b>101</b>
5.1	Apresentação.....	101
5.2	Laboratórios didáticos virtuais – LDV .....	103
5.3	Personagem “Albert” .....	105
5.4	Considerações finais sobre o capítulo.....	106
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>108</b>
6.1	Construção do instrumento avaliativo .....	108
6.2	Desenho experimental.....	110
6.3	Análise dos dados .....	114
6.4	Análise do desempenho de alunos com necessidades específicas .....	115

6.5	Avaliação da ferramenta.....	115
6.6	Considerações finais sobre o capítulo.....	115
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES PARCIAIS .....</b>	<b>117</b>
7.1	Teste piloto .....	117
7.1.1	<i>Teste t de Student.....</i>	118
7.1.2	<i>Análises descritivas .....</i>	118
7.1.3	<i>EGameFlow .....</i>	122
7.1.4	<i>Análise de desempenho e integração do Leo3D na prática docente.....</i>	124
7.2	Experimento I.....	125
7.2.1	<i>Análise de variância da amostragem – Experimento I .....</i>	126
7.2.2	<i>Teste t Student – Experimento I .....</i>	127
7.2.3	<i>Análises descritivas – Experimento I.....</i>	128
7.2.4	<i>Análise da questão #18 – Experimento I.....</i>	134
7.2.5	<i>Análise do Leo3D em alunos com dificuldades de aprendizagem.....</i>	137
7.2.6	<i>Avaliação da ferramenta – EGameFlow.....</i>	137
7.3	Experimento II.....	142
7.4	Experimento III.....	144
7.5	Considerações finais .....	145
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>147</b>
8.1	Conclusões .....	147
8.2	Contribuições do trabalho.....	150
8.3	Limitações do trabalho .....	150
8.4	Trabalhos futuros.....	151
	<b>Referências .....</b>	<b>152</b>
	<b>Apêndice I: LAB101 - Sugestão de roteiro para aula.....</b>	<b>161</b>
	<b>Apêndice II: LAB102 - Sugestão de roteiro para aula.....</b>	<b>162</b>
	<b>Apêndice III: LAB103 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>163</b>
	<b>Apêndice IV: LAB104 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>164</b>
	<b>Apêndice V: LAB105 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>165</b>
	<b>Apêndice VI: LAB106 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>166</b>
	<b>Apêndice VII: LAB107 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>167</b>
	<b>Apêndice VIII: LAB201 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>168</b>
	<b>Apêndice IX: LAB202 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>169</b>
	<b>Apêndice X: LAB203 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>170</b>
	<b>Apêndice XI: LAB204 - Sugestão de roteiro para aula .....</b>	<b>171</b>

Apêndice XII: Albert Explica.....	172
Apêndice XIII: Instrumento Avaliativo.....	173
Apêndice XIV: Leo3D EaD – Ambientação .....	178
Apêndice XV: LAB101 – Por que enxergamos?.....	181
Apêndice XVI: LAB102 – Propagação retilínea da luz.....	184
Apêndice XVII: LAB103 – Formação de sombras .....	188
Apêndice XVIII: LAB104 – Objetos e suas sombras.....	191
Apêndice XIX: LAB105 – Independência dos raios .....	193
Apêndice XX: LAB106 – Objetos e suas cores .....	196
Apêndice XXI: LAB107 – Relógio solar .....	200
Apêndice XXII: LAB201 – Espelhos planos e objetos .....	202
Apêndice XXIII: LAB202 – Reflexão da luz .....	207
Apêndice XXIV: LAB203 – Espelhos esféricos .....	210
Apêndice XXV: LAB204 – Refração da luz.....	212
Apêndice XXVI: EGameFlow .....	215
Apêndice XXVII: Instrumento Avaliativo – Teste Piloto .....	217
Apêndice XXVIII: EGameFlow – Teste Piloto.....	221



## 1 INTRODUÇÃO

O século atual está sendo pautado pelas grandes transformações no modo como as pessoas se comunicam, interagem e buscam informações. Redes sociais, serviços de mensagens instantâneas, *stream*, entre outros estão cada vez mais presentes no cotidiano, enquanto as tradicionais mídias, como os jornais, as revistas e a televisão vêm perdendo credibilidade e interesse da população, principalmente entre jovens que anseiam por informações de forma rápida, objetiva e clara (LANZI *et al.*, 2013).

Essas mudanças de comportamento estão diretamente associadas aos contínuos avanços que a área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem apresentado, e elas inegavelmente impactam a forma como as pessoas interagem, divertem-se, informam-se e estudam. Silva (2017) corrobora esse pensamento e aponta ainda que as TICs possibilitam novas realidades, pensamentos e ideias por meio de uma riqueza infinita de materiais. Esses materiais, que na maioria das vezes são muito mais atrativos do que as apostilas ou os livros didáticos, conseguem prender a atenção dos estudantes, principalmente quando são nativos desse mundo, por exemplo, a Geração Z (jovens nascidos entre 1995 e 2010).

Mesmo com todos esses avanços e as mudanças de comportamento, a abordagem tradicional ainda persiste na maioria das escolas (SILVA, 2017), que ao invés de integrar as TICs ao processo de ensino/aprendizagem, ignoram-na, ou pior, combatem-na por meio de normas e resoluções que impedem o seu uso em sala e aula.

Um dos grandes motivos para que isso aconteça pode estar associado ao fator tecnológico. Enquanto os estudantes são nativos de um mundo digital, grande parte dos professores podem ser considerados *imigrantes digitais* (SILVA, 2017). Isso ocorre devido ao fato de que a maioria dos docentes presentes nas escolas foram formados em uma época na qual essas tecnologias não estavam presentes ou de uma era de transição, no qual o desenvolvimento tecnológico estava acontecendo, porém, sua aplicação ainda não era difundida. Isso pode ser facilmente percebido se analisarmos o uso dos computadores nos ambientes escolares ao final do século XX. Inicialmente, eles foram introduzidos nos setores administrativos para auxiliar nos processos de gestão e, posteriormente, na área pedagógica, com a inclusão de

laboratórios e aulas de informática. Essas aulas, que na maioria das vezes eram ministradas por profissionais com formação em tecnologia de informação, não contemplavam conteúdos acadêmicos e muito menos buscavam a integração com o processo ensino/aprendizagem. Eram aulas utilizadas apenas para capacitar os estudantes no uso do computador. A premissa à época era “A informática é a profissão do futuro” e ela norteava os conteúdos que seriam abordados em sala de aula, por exemplo, ferramentas de edição de texto, planilhas eletrônicas, editores de imagens e apresentações, entre outros.

Mesmo com essa lacuna entre a formação docente e as TICs, muitos professores/pesquisadores têm proposto e avaliado o uso de novas tecnologias em sala de aula. Entre eles, podemos citar: Santos *et al.* (2016) e Baia *et al.* (2017) que estudaram como a plataforma *Modular Object-Oriented Dynamics Learning Environment* (Moodle) pode mediar o processo ensino/aprendizagem; Rinaldi *et al.* (2017) que analisaram a eficiência do uso de videoaulas no ensino de termodinâmica; Lima *et al.* (2016) que utilizaram a plataforma Arduino para trabalhar conceitos de cinemática e noções de gráfico; Andriolli, Richter e Machado (2016) integraram o uso de *blogs* como ferramenta pedagógica-metodológica, aliando teoria e prática com a finalidade de divulgar o curso Técnico em Informática.

Além dessas iniciativas, outras tecnologias como jogos, realidade virtual/aumentada, laboratórios de fabricação, robótica e computação afetiva foram apontadas como as principais tendências tecnológicas para a educação nos próximos anos (JOHNSON *et al.*, 2014, JOHNSON *et al.*, 2016), educação esta presencial ou à distância. Segundo Lope *et al.* (2017), essas tecnologias são capazes de desenvolver habilidade físicas, cognitivas e sociais, devido ao caráter lúdico no qual estão ancoradas, pensamento corroborado por Silva e Moura (2013), que ainda os consideram como fator de aprendizagem significativa pois proporcionam ao estudante interação entre conceitos novos e os já existentes. Dessa forma, o jogo se aproxima de uma abordagem humanista, o que o aproxima da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel em 2003.

Tori (2016) afirma que o sonho de qualquer professor é ver seus estudantes entretidos com os estudos da mesma forma com que ficam jogando. Porém, como o próprio autor conclui, utilizá-los na educação não é algo tão simples. Isso é facilmente comprovado ao analisar as pesquisas que envolvem esse tipo de ferramenta. Uma

grande parte é realizada com pequenos grupos de estudantes ou apenas com especialistas. Poucas avaliam realmente a sua efetividade em sala de aula integrada à prática docente, como nas pesquisas conduzidas por Nishida e Pafunda (2014) e Machado *et al.* (2011a). Vale ressaltar que, no contexto educacional, jogo é qualquer atividade que crie desafios, seja pautada em regras, proporcione entretenimento e tenha um aspecto pedagógico incluído. Deste modo, qualquer tipo de atividade pode ser adaptado e utilizado (carta, tabuleiro, *puzzle*, entre outros) e não apenas os Jogos Educacionais Digitais (JED), os quais são desenvolvidos exclusivamente com essas premissas. Vale ressaltar que os JED se enquadram nos chamados Jogos Sérios (JS), que são jogos destinados a transmitir conteúdos educacionais ou de treinamento.

A principal diferença de um jogo para outras práticas educacionais é o desafio proporcionado. Durante uma partida, o jogador é desafiado a encontrar soluções para problemas propostos. A busca por um melhor rendimento, que na maioria das vezes é representado na forma de pontos ou *badges*<sup>1</sup>, motiva o jogador a se empenhar cada vez mais no processo, e esse empenho pode facilitar o processo ensino/aprendizagem, principalmente em disciplinas apontadas por estudantes como sendo de difícil compreensão, como o caso da física, que requer muita abstração e cálculos matemáticos (RICARDO; FREIRE, 2007; KALHIL; MENEZES, 2008; SOENG, 1998, MEDEIROS; MEDEROS, 2002).

Pereira, Fusinato e Neves (2009) apontam que o problema da física está na forma como ela é abordada em sala de aula, remetendo à Física Clássica, que tem mais de 150 anos de idade. Os autores enfatizam ainda que os avanços ocorridos em áreas como eletrônica e medicina advém do estudo e aplicação dos conceitos e fenômenos ligados à Física Moderna e à Mecânica Quântica, porém, dentro de sala de aula, todos esses avanços tecnológicos são deixados de lado.

Essa mesma retórica já fora abordada anteriormente por Klajn (2002) em seu livro “Física: a vilã da escola”. A autora ainda afirma que os alunos reivindicam novas metodologias e técnicas que despertem o interesse pela disciplina. Além de despertar o interesse, elas também podem permitir uma melhor compreensão dos fenômenos, principalmente aqueles que necessitam alto grau de abstração, como o

---

<sup>1</sup> *Badges* são símbolos utilizados para mostrar a habilidade de um jogador. Normalmente, são apresentados em formas de estrelas ou insígnias.

caso da Óptica Geométrica (OG) (HARRES, 1993; AGUIAR, 2009). Se analisarmos este conteúdo em específico, veremos que a maioria dos conceitos são apresentados em forma de figuras planas, carregadas de equações e símbolos matemáticos. Além disso, o processo de compreensão do fenômeno requer que o aluno “imagine” o que está acontecendo, tendo em vista que sua representação real só é possível em laboratórios de física ou por meio de artefatos, como espelhos, *lasers*, lupas, os quais nem sempre estão presentes nas escolas.

Esse cenário é facilmente confirmado analisando os dados do Censo Escolar da Educação Básica 2016 (INEP, 2016), no qual apenas 51,3% das escolas de Ensino Médio (EM) no Brasil possuem laboratório de ciências, que não necessariamente são laboratórios de física, pois segundo o próprio censo, essa classificação abrange laboratórios de química, física e biologia. Dessa forma, podemos com certeza afirmar que menos da metade das escolas brasileiras de EM possuem laboratório de física propriamente dito. Além disso, o fato de possuir laboratório de física não quer dizer que ele está sendo utilizado ou está em condições de uso, como pode ser observado na pesquisa conduzida por Pereira (2016a). Dentre as 47 escolas da rede pública do estado do Acre visitadas pelo autor, 90% apresentam laboratórios de física em situação péssima ou ruim.

Uma das formas para suprir essa carência de laboratórios é a utilização de simuladores. Cardoso e Dickman (2012) afirmam que o uso destas tecnologias podem superar ou pelo menos amenizar os problemas encontrados no ensino atual. Os autores ainda explanam que o seu uso permite a produção de aulas mais interessantes, que priorizam a metodologia, o raciocínio científico, o aluno pesquisador e o desenvolvimento da estrutura cognitiva. Nessa mesma linha, além dos simuladores, podemos incluir também as animações, as vídeo-aulas, os JED e os Mundos Virtuais Tridimensionas (MVT), pois além de serem mais atrativos que os livros, facilitam a compreensão do conhecimento à medida que tornam as aulas mais interessantes. Holden e Westfall (2006) afirmam que os MVT podem proporcionar maior familiarização do conteúdo por meio de práticas, demonstrações e atividades centradas nos alunos. De acordo com Krassmann *et al.* (2017), MVT são representações fiéis de ambientes reais ou fictícios, criados para convivência e comunicação entre pessoas, que são representadas por avatares que realizam ações e interagem entre si.

Além de proporcionarem novos meios que facilitam o processo de ensino/aprendizagem, essas novas tecnologias podem ser grandes aliadas à educação especial, educação esta definida na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) como sendo: *modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para portadores de necessidades especiais (Art. 58)*” (BRASIL, 1996). Em uma análise mais ampla, podemos considerar portadores de necessidades especiais não somente alunos com laudos que se enquadram nessa classificação, mas qualquer aluno que apresente dificuldades de aprendizado e, que por algum motivo, não foi diagnosticado em tempo hábil ou não recebeu atenção necessária nos anos iniciais de formação. A LDB prevê ainda que, para esses casos, os currículos, métodos, técnicas e recursos educativos sejam adaptados para o atendimento das necessidades educativas especiais.

Os reflexos da inclusão no Brasil podem ser visualizados no Censo Escolar de 2013 (INEP, 2013), no qual aproximadamente 77% dos alunos com necessidades especiais estavam matriculados em classes comuns do ensino básico. Nesse mesmo censo, pode-se perceber aumento de aproximadamente 47% na inclusão de alunos em classes comuns entre o período compreendido entre 2007 e 2013.

Um dos grandes desafios para essa inclusão está no papel do professor que, além de ter que possuir formação em diferentes áreas de conhecimento, como psicologia, medicina, pedagogia, arquitetura, entre outras, deve também ser capaz de promover um saber interdisciplinar, indispensável no sucesso da inclusão (KAFROUNI; SOUZA PAN, 2001). Aliado a esse conjunto de competências, pode-se incluir também a falta de infraestrutura física adequada e materiais didáticos adaptados. Estes podem ser facilmente comprovados ao analisar os livros presentes no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015, 2016 e 2017. Dentre os diversos títulos, poucos continham conteúdo multimídia que, apesar de não terem sido desenvolvidos para esse fim, podem ser ferramentas úteis no processo ensino/aprendizagem.

Em resumo, a educação no Brasil, e porque não dizer no mundo, passa por um momento em que novos métodos e tecnologias devem ser explorados na educação. O modelo tradicional não desperta mais a atenção e mostra-se ineficaz quando utilizado em conteúdos complexos e de difícil compreensão. Porém, não basta apenas incorporar as TICs em sala de aula sem planejamento ou preparação do corpo



docente e discente. Estes devem identificar as novas tecnologias como ferramentas de instrução e colaboração e não apenas como meios de diversão. Além disso, essas ferramentas podem suprir a carência de laboratórios existentes no Brasil, desde que sejam pensadas e concebidas para isso. Dessa forma, esta pesquisa tem como principal objetivo apresentar um novo conceito de JED, que integra em um único ambiente características presentes em jogos de entretenimento, mundos virtuais e laboratórios de simulação e verificar se esses podem suprir a carência de laboratórios reais além de promover uma aprendizagem significativa. Essa nova ferramenta foi aqui denominada de Ambiente Digital Multididático (ADM), que além dos preceitos supracitados, engloba também materiais de apoio e suporte tanto à prática docente quanto à experimentação discente. Essa junção em uma única ferramenta de ambientes com múltiplas características é pouco explorada no ambiente acadêmico, devido à carência desse tipo de material.

Para alcançar os objetivos deste trabalho, diversas ações foram realizadas ao longo da pesquisa, entre elas: i) análise dos principais processos e metodologias de desenvolvimento de *software* em busca de um que se enquadre no perfil do projeto; ii) desenvolvimento do ADM proposto composto por Laboratórios Didáticos Virtuais (LDV) e fases jogáveis, utilizando os preceitos dos MVT; iii) planejamento junto aos docentes e equipe pedagógica da utilização da ferramenta desenvolvida em sala de aula; iv) aferição da sua eficiência por meio de análises estatísticas descritivas e inferenciais.

Optou-se pelo desenvolvimento da ferramenta devido à escassez de ambientes digitais tridimensionais que abordam o conteúdo de OG. Além disso, acredita-se que a interação no processo de desenvolvimento de professores, pedagogos e alunos pode contribuir para uma melhor aceitação do produto final, tanto por parte dos educadores como por parte dos educandos.

## 1.1 Objetivos

Dentro do cenário exposto, definimos os objetivos geral e específicos do nosso trabalho, voltados à agregação de atividades didáticas de um conteúdo (OG) de uma disciplina do EM (física) com os JED.

### *1.1.1 Objetivo geral*

O principal objetivo desta pesquisa é apresentar um novo conceito de JED, que integra em um único ambiente características presentes em jogos de entretenimento, mundos virtuais e laboratórios de simulação e verificar se esses podem suprir a carência de laboratórios reais, além de promover uma aprendizagem significativa.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Aplicar o Design Participativo no desenvolvimento do ambiente proposto e verificar se este contribui para a integração da ferramenta à prática docente;
- Aplicar a ferramenta desenvolvida em sala de aula, integrando-a ao processo de ensino/aprendizagem;
- Avaliar quantitativamente sua eficiência em alunos com ou sem necessidades específicas e, qualitativamente, como esse ambiente foi interpretado pelos alunos;
- Verificar se esses ambientes podem ser utilizados como ferramentas de autoinstrução, auxiliando assim o processo de ensino/aprendizagem em turmas de Ensino à Distância (EaD).

## **1.2 Delimitação do estudo**

Na área educacional, este estudo não pretende alterar a forma como os professores ensinam OG ou como a prática docente deve ser modificada para atender a atual geração de estudantes. Este estudo visa apenas apresentar uma nova ferramenta que pode auxiliar neste processo.

Na área de Engenharia de Software (ES), este estudo não apresenta nenhuma nova metodologia ou processo para o desenvolvimento de JED, apenas integra o Design Participativo ao desenvolvimento incremental.

### 1.3 Organização do trabalho

Neste primeiro capítulo, **Introdução**, foram apresentados o contexto e os desafios na área educacional frente às TICs e das dificuldades no processo ensino/aprendizagem relacionados à disciplina de física no EM, principalmente no conteúdo de OG, bem como os objetivos da pesquisa e a delimitação do escopo.

O segundo capítulo, **Aporte teórico**, apresenta um referencial teórico sobre o lúdico e a educação, a abordagem dos jogos no ambiente educacional, os processos e métodos envolvidos no desenvolvimento e as formas de avaliação de um jogo eletrônico digital.

O terceiro capítulo, **Motores Gráficos**, apresenta algumas *engines* disponíveis no mercado e realiza um comparativo a fim de mostrar os critérios envolvidos na escolha da *engine* utilizada neste estudo.

O quarto capítulo, **Desenvolvimento do Leo3D**, apresenta todas as etapas executadas no desenvolvimento deste projeto, desde a seleção do conteúdo até a criação do jogo propriamente dito, englobando as ferramentas utilizadas e os recursos extras adquiridos por meio dos *market places*.

O quinto capítulo, **Leo3D – Uma aventura pelo mundo da óptica**, apresenta a ferramenta desenvolvida e seus principais recursos.

O sexto capítulo, **Materiais e Métodos**, apresenta como foram construídos os instrumentos de avaliação que foram utilizados para aferir a eficiência do Leo3D, os experimentos e como os dados foram avaliados.

O sétimo capítulo, **Resultados e discussões**, apresenta os resultados obtidos nos diversos experimentos conduzidos, assim como uma discussão ampla sobre os dados obtidos. As análises são apresentadas por meio de tabelas e gráficos.

O oitavo capítulo, **Conclusões e trabalhos futuros**, apresenta as conclusões finais do estudo e sugestões de trabalhos que possam complementar esse estudo. Adicionalmente aos capítulos, apêndices complementam este trabalho.

## 2 APORTE TEÓRICO

Após a introdução realizada no capítulo anterior, este tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre questões lúdicas e educação, o uso de jogos no contexto educacional, no contexto da física e os principais processos, metodologias e etapas que devem ser consideradas durante o processo de criação de um JED.

### 2.1 O lúdico, o jogo e a educação

Jogar, brincar, divertir são atividades lúdicas prazerosa tão antigas quanto o homem. Elas estão presentes desde o nascimento e são consideradas uma das principais maneiras para o desenvolvimento de habilidades físicas, cognitivas e sociais (LOPE *et al.*, 2017). No jogo, a criança experimenta, inventa, descobre, aprende e confere habilidades. Sua inteligência e sensibilidade são continuamente desenvolvidas (ALVES; BIANCHIN, 2010) e a criança vive a interação com seus pares na troca, no conflito, no surgimento de novas ideias, na construção de novos significados, na interação e na conquista das relações sociais (MONTIBELLER, 2003).

A interação entre o lúdico e a educação não é algo novo. Na Grécia antiga, Aristóteles já estudava como os jogos poderiam ser inseridos no estudo das ciências como Matemática e Filosofia (BARCELOS, 2008). Atualmente, vários autores corroboram o potencial dos jogos na educação devido ao seu caráter lúdico, entre eles, Gee (2003), Alves e Bianchin (2010) e Fialho (2008). Este último considera os jogos como uma poderosa ferramenta capaz de estimular o aprendizado:

Os jogos educativos com finalidades pedagógicas revelam a sua importância, pois promovem situações de ensino-aprendizagem e aumentam a construção do conhecimento, introduzindo atividades lúdicas e prazerosas, desenvolvendo a capacidade de iniciação e ação ativa e motivadora (FIALHO, 2008, p.2).

Contudo, nem todos os educadores enxergam o jogo como ferramenta educacional e o consideram apenas como atividade lúdica com finalidade de diversão. Esse tipo comportamento pode fazer com que o lúdico perca seu real significado e, principalmente, fazer com que a arte de jogar não seja explorada como forma de desenvolver conteúdos curriculares em sala de aula. Vale ressaltar que o lúdico não quer dizer necessariamente o uso de tecnologias digitais ou jogos, pelo contrário, qualquer metodologia que proporcione prazer aos estudantes e diferencie-se do tradicional uso do quadro-negro e giz.

Ribeiro (2012) afirma que o jogo deixou de ser só brincadeira, assumindo dimensões maiores que enriquecem as aulas, tornando-as mais dinâmicas e motivadoras. Costa *et al.* (2009) afirmam que os jogos auxiliam os professores nas avaliações de desempenho, à medida que motivam os estudantes no processo de aprendizagem e construção da autoconfiança.

O uso de jogos educacionais não está restrito apenas a ambientes escolares. Eles também são utilizados em treinamentos empresariais e simulações de diversas áreas, por exemplo, defesa, saúde, planejamento urbano, entre outros. O primeiro JS que se tem relato é o *Army Battlezone*, também conhecido como *Battlezone Militar* ou *The Bradley Trainer*. Esse jogo é uma versão aperfeiçoada do *Battlezone*, o qual foi originalmente desenvolvido pela Atari e lançado em seu console no ano de 1980. O *Army Battlezone* permitia ao exército americano treinar militares no uso do *Bradley Fighting Vehicle*, um veículo de guerra destinado ao transporte e escolta de militares.

O *New Media Consortium*, grupo de especialistas internacionais com membros nas áreas de tecnologias educacionais que trabalham em universidades, museus e outras instituições (principalmente americanas), em seu relatório anual de 2014 concluiu que os jogos estão se tornando cada vez mais importantes como ferramenta de aprendizagem educacional e declarou “*Games e Gamificação*” como tendência de maior probabilidade em causar impactos significativos no ensino superior em um futuro próximo (JOHNSON *et al.*, 2014). É importante frisar que Gamificação não é o uso de jogos em sala de aula, mas sim a aplicação de elementos e mecânicas de *design* de jogos em outros contextos, que não são jogos digitais (DETERDING *et al.*, 2011), como a adoção de troféus a desafios propostos em sala de aula ou o uso de alvos para definir metas e objetivos a serem alcançados.

Apesar do potencial e dos benefícios destacados na literatura, os JS ainda são pouco empregados em sala de aula. Segundo Savi (2011), um dos motivos para tal fato é a dificuldade de encontrar bons jogos que atendam aos princípios pedagógicos e que agreguem valor às aulas. Adicionalmente, devido à carência de recursos, esses jogos tendem a ser mais simples que os jogos comerciais, não atendendo as expectativas dos alunos já acostumados à sofisticação dos jogos de entretenimento. Outra questão que inibe a utilização dos jogos é como avaliar o progresso da aprendizagem dos alunos.

## 2.2 Os jogos no ambiente escolar

Mesmo não sendo amplamente utilizados em sala de aula, o número de pesquisas na área vem aumentando nos últimos anos, como pode ser visualizado nos estudos conduzidos por Krassmann *et al.* (2017) e Kordaki e Gousiou (2017). Apesar desse crescimento, o número de trabalhos ainda é relativamente pequeno se comparado ao potencial de sua utilização no processo ensino/aprendizagem.

Uma das pesquisas que analisam esse potencial foi conduzida pelos pesquisadores Machado *et al.* (2011a), os quais desenvolveram um jogo digital educacional 3D chamado “*Kinble – em busca do conhecimento*”. O principal objetivo do jogo é preparar os estudantes para a realização de provas de vestibular, conduzindo um robô por um ambiente tridimensional. À medida que vai progredindo, perguntas de múltipla escolha são apresentadas e a cada acerto o jogador recolhe moedas que ajudam a manter o robô vivo. Apesar de não ter sido testado efetivamente em turmas do EM, o jogo mostrou grande potencial por permitir que a base de dados de questões fosse continuamente atualizada e ampliada.

Simkova (2014) estudou o efeito do uso de jogos de computadores no processo de ensino/aprendizagem. Além de expor os pontos positivos e negativos dessa prática, a autora conclui que os jogos possuem a capacidade de desenvolver habilidades cognitivas, motoras e espaciais, além de promover maior interação entre os estudantes e as TICs. Adicionalmente, a autora concluiu que os jogos conseguem prover ambientes que resolvem problemas complexos ou que exemplificam na prática regras e conceitos que dificilmente podem ser observados no mundo real.

Outra iniciativa partiu dos pesquisadores Karlini e Rigo (2014), que apresentaram o projeto de um jogo digital voltado ao letramento – ABCLINGO. O diferencial desse jogo frente a outros com a mesma finalidade é o armazenamento de alguns dados relevantes do jogador durante a ação de jogar, que posteriormente podem ser analisados por meio de técnicas de mineração de dados. Apesar de apenas um protótipo ter sido desenvolvido, os autores concluíram como sendo viável a construção de jogos digitais com geração de dados de uso que podem fornecer *feedback* aos professores da ação de cada estudante no ambiente, permitindo assim um atendimento específico e pontual, identificando as dificuldades individualmente.

Em 2014, Franco (2014) propôs um jogo 3D chamado Olympia para ser utilizado durante as aulas de educação física. O jogo aborda a origem histórico-mitológica dos Jogos Olímpicos e do Atletismo. Mesmo não estando com todas as fases concluídas, um estudo piloto foi avaliado por alunos do ensino fundamental de uma escola pública. Os resultados apontaram que a qualidade do jogo foi aprovada pela maioria dos entrevistados, porém a assimilação conceitual dos conteúdos foi apenas parcial, como mostraram as notas obtidas oriundas da aplicação de um *Quiz Game* sobre o assunto. Apesar disso, os alunos relataram que o conhecimento sobre o tema foi ampliado.

O Laboratório de Objetos de Aprendizagem (LOA), vinculado à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) tem conduzido vários experimentos utilizando jogos na educação nas seguintes áreas do conhecimento: i) enfermagem; ii) matemática; iii) música; iv) português; v) química. Um dos projetos desenvolvidos é o Laboratório de Técnicas Analíticas (LabTecA), jogo de simulação na área de química analítica. De acordo com Otsuka *et al.* (2015), apesar do jogo não estar completamente desenvolvido, o protótipo da primeira fase foi avaliado por um especialista na área que apontou melhorias que possibilitarão uma quantidade maior de experimentos. Outro projeto desenvolvido é o *Musikinésia*, um JED gratuito para computadores e *tablets* que ensina e aprimora o conhecimento acerca do teclado musical (BORDINI *et al.*, 2015). Após diversos testes envolvendo voluntários, professores e alunos, os autores concluíram que o *Musikinésia* revelou-se como uma eficaz contribuição para as áreas de Música e Informática, tanto no ensino de teclado e leitura de partitura, quanto para alunos que desejam aprender o instrumento de forma lúdica e significativa. Resultados semelhantes foram observados por Simkova (2014) na relação entre os jogos digitais e as TICs.

Dias *et al.* (2015) apresentaram o *Digestower*, jogo educacional na área de saúde que busca estimular a alimentação saudável e o exercício físico, a fim de auxiliar no enfrentamento da obesidade infantil. A versão do jogo avaliada por especialistas na área de nutrição e enfermagem apontaram para o grande potencial como instrumento educacional. O *Digestower* é também uma iniciativa do LOA.

Outro laboratório que vem realizando pesquisas na área de jogos na educação é o Laboratório de Multimídia Interativa do IFSUDESTE-MG/Rio Pomba (LAMIF). Formado por professores e alunos, o LAMIF tem atuado na convergência entre arte,

tecnologia e *design* no desenvolvimento de projetos cenográficos e multimídia nas áreas de cultura, educação, reabilitação, entretenimento e propaganda. Além do *Kinble*, anteriormente citado, o LAMIF desenvolveu o também o *Frigote*, jogo educacional voltado ao manejo de aves tanto para alunos de cursos técnicos quanto para superiores (MACHADO *et al.*, 2011b). Os experimentos foram realizados no IFSUDESTE com estudantes de Zootecnia do 2º e 6º período e os resultados apontaram que o jogo é interessante e proveitoso para fins de estudos.

Nishida *et al.* (2014) apresentaram a proposta de um jogo educacional relacionado ao consumo de energia elétrica. Para resolver os desafios propostos, o jogador deve possuir conhecimentos sobre ciclo da água, cadeia alimentar, *puzzles* e operações básicas matemáticas. O jogo foi aplicado para alunos da 7ª série do ensino fundamental de uma escola pública no município de Santo André – SP. A escolha da série foi pautada na proposta curricular oficial do estado de São Paulo. O estudo foi conduzido pela professora da disciplina de geografia, que desenvolveu um questionário envolvendo perguntas de diversas áreas do conhecimento, promovendo assim a interdisciplinaridade. Durante a aplicação do jogo foi possível observar que os alunos mantiveram-se concentrados, além de cooperarem entre si para a resolução dos desafios propostos. Ao final, os alunos aprovaram a iniciativa do jogo, tendo em vista que o uso de computadores está presente no dia-a-dia deles.

Todos os anos novas pesquisas surgem envolvendo as TICs nos ambientes escolares (BENMARRAKCHI *et al.*, 2017). Os resultados dessas pesquisas podem ser encontrados em diversos congressos e simpósios voltados à área, destacando-se no Brasil, o Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), o Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGAMES) e a *Brazil's Independent Games Festival*, estes dois últimos vinculados à Associação Brasileira de Desenvolvedores de Jogos Digitais (Abragames). A edição 2017 do SBIE recebeu diversos trabalhos, dos quais podemos citar Sanches, Faêda e Machado (2017), Rocha *et al.* (2017), Cunha, Barraqui e Freitas (2017), Nascimento *et al.* (2017), Bastos *et al.* (2017), e Pereira *et al.* (2017). Muitas pesquisas ainda estão em fase de desenvolvimento e/ou não foram testadas/avaliadas em ambientes escolares, porém, todo esse movimento mostra um esforço por parte de pesquisadores e docentes na quebra do paradigma do fator tecnológico, importante barreira a ser transposta para que as TICs possam realmente fazer a diferença no processo ensino/aprendizagem.



## 2.3 Jogos no atendimento especial

Além do potencial do uso de jogos na educação, outra área que vem recebendo atenção especial dos pesquisadores é o uso delas no atendimento especial. O termo atendimento especial é utilizado neste trabalho como qualquer ação que envolva a inclusão de pessoas portadoras de necessidades específicas ou ações que envolvam atendimentos específicos realizados em hospitais, clínicas ou estabelecimentos congêneres. Apesar do pequeno número de pesquisas, os resultados mostram-se favoráveis à continuidade destas. Nessa área, podemos citar Neves, Alves e Gonzalez (2016), os quais realizaram um estudo com uso de jogos digitais em classes hospitalares. O estudo foi realizado no Brasil e na Espanha. Apesar do estudo não contemplar o uso de JED, e sim jogos de entretenimento, os resultados encontrados lograram êxitos em alguns objetivos das classes hospitalares, entre eles: i) assiduidade e continuidade do processo ensino/aprendizagem; ii) integração sócioafetiva das crianças hospitalizadas; iii) melhor aproveitamento do tempo livre no hospital, planejando atividades de lazer e de caráter educativo.

Sá Guimarães, Carvalho e Costa (2007) realizaram um estudo explorando o uso de computadores e tecnologias de realidade virtual como apoio ao processo de ensino/aprendizagem de crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade (TDAH). O jogo Memo-Zoo foi desenvolvido especificamente para esse propósito, utilizando MVT. Os resultados encontrados apontaram que os alunos com TDAH que tiveram acesso ao ambiente 3D mostraram-se mais envolvidos do que aqueles que tiveram acesso apenas a um *software* multimídia sem esses recursos. Os resultados encontrados corroboraram as afirmações de Kirner e Pinho (1996) sobre o alto poder de envolvimento gerado por navegação em MVT. Ainda na área de TDAH, Oliveira, Ishitani e Cardoso (2013) realizaram uma revisão sistemática de literatura buscando identificar contribuições científicas envolvendo jogos e sumarizar as evidências existentes. A pesquisa realizada entre os anos de 2003 e 2013 identificou 24 artigos que atendiam aos critérios especificados pelos pesquisadores. Os resultados da pesquisa apontam que não há um padrão para o desenvolvimento de JS para TDAH, que o jogo por si só não é suficiente para o sucesso da psicoterapia ou avaliação cognitiva e que a utilização de jogos na psicoterapia é diversificada.

Já na área de educação inclusiva, podem-se destacar Carlos *et al.* (2014) que apresentaram uma proposta para o ensino de química utilizando-se de cartas, painéis e marcadores. Os autores concluíram que o uso desse jogo possibilita ao aluno não só a revisão dos conteúdos, mas também a relação dos mesmos com o cotidiano. Em outro estudo, Carlos e Sousa (2014) adaptaram um material didático para o ensino de estequiometria a um deficiente visual. Os autores concluíram que o aluno, após realizar as dinâmicas propostas, apresentou um rendimento acima da média da turma na realização de cálculos estequiométricos. Nos dois estudos conduzidos pode-se observar que os jogos propostos não são digitais, e sim de tabuleiro.

Uma outra forma de jogos, o *story-telling*, que consiste na utilização de recursos audiovisuais e palavras para contar história, foi utilizado pelos pesquisadores Hassan *et al.* (2011) para ajudar crianças com autismo a compreender os conceitos sobre o uso do dinheiro e o comportamento social adequado durante as compras. Embora as crianças estivessem familiarizadas com números e fossem capazes de realizar adições e subtrações, elas não conseguiam realizar a mesma tarefa com dinheiro. Os resultados da pesquisa mostraram que após a utilização do jogo, as crianças passaram a compreender o conceito sobre moeda de uma forma mais rápida que a abordagem tradicional. Outro estudo envolvendo autistas foi realizado por Moita *et al.* (2017), que apresentaram o processo de *design*, desenvolvimento e validação de um jogo assistivo para construção de narrativas. Denominado LIA, acrônimo de Letramento Interativo para Autistas, o jogo foi testado com crianças autistas e os resultados encontrados foram positivos, destacando a atratividade e a compreensão dos sujeitos a respeito dos objetivos e funcionamento da ferramenta desenvolvida. Além disso, os testes permitiram aos pesquisadores identificar novos pontos que devem ser aperfeiçoados.

Ramalho *et al.* (2014) desenvolveram o jogo *Audiogame Fuga*, voltado a deficientes visuais. Utilizando o *Microsoft Kinect*, o jogo permite o deslocamento de um personagem por um labirinto. O jogador é guiado por meio de sons e os movimentos do personagem são controlados por gestos realizados com o corpo. O jogo foi testado em pessoas com e sem deficiência visual e os resultados mostraram que os deficientes visuais apresentaram maior facilidade para jogar do que os videntes. De acordo com os autores, isso é explicado por uma audição mais trabalhada dos deficientes visuais.

Na linha dos *exergames*, que são jogos digitais que envolvem exercícios físicos, Mossmann *et al.* (2016) apresentaram a proposta de um jogo para estimular as funções executivas, mais precisamente, o controle inibitório. O jogo é direcionado a crianças do Ensino Fundamental I. Mesmo ainda não tendo sido testado efetivamente em um ambiente escolar, os autores vislumbram o sucesso do projeto partindo da premissa que melhorar/estimular as funções executivas precocemente em crianças pode trazer benefícios a curto e longo prazo no desenvolvimento. Na mesma linha de pesquisa, Barros, Formiga e Neves (2013) conduziram um estudo que avalia como os *exergames* podem contribuir para a diminuição da obesidade infantil. Utilizando o PEGGO, um jogo digital que tem como objetivo coletar itens na cor verde que aparecem na tela, os autores obtiveram resultados favoráveis que mostram uma diminuição no Índice de Massa Corporal (IMC) das crianças envolvidas no estudo. Outro estudo utilizando *exergames* foi realizado por Smits-Engelsman, Jelsma e Ferguson (2017), que avaliaram a eficiência desse tipo de jogo em crianças com Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC). O experimento foi conduzido em uma comunidade de baixa renda localizada na África do Sul e os resultados mostraram um maior ganho nas habilidades motoras de crianças com TDC do que nas crianças sem.

## **2.4 Jogos no ensino de física**

Na área de física propriamente dita, o número de pesquisas envolvendo jogos, simulações ou MVT é relativamente pequeno, comparado ao potencial que a disciplina possui. Esse cenário pode ser comprovado ao analisar os dados extraídos da pesquisa conduzida por Kordaki e Gousiou (2017). Entre os 50 artigos localizados, apenas um aplica conceitos da física (WICK *et al.*, 2011).

Além desse, outros pesquisadores têm explorado o potencial dos jogos no ensino da física. Entre eles, podemos citar Ravenscroft e Matheson (2002), que aplicaram jogos de diálogo no conteúdo de força e movimento. Os resultados encontrados mostraram uma melhora significativa dos alunos que tiveram acesso ao jogo frente àqueles que não tiveram. Outro estudo foi conduzido por Hookway *et al.* (2013), no qual desenvolveram um protótipo para ensinar conceitos de física, tais como queda livre, atrito e momento. Embora o projeto ainda não tenha sido concluído,

voluntários que experimentaram o jogo em sessões coordenadas pelos desenvolvedores, responderam um questionário sobre usabilidade, realismo, níveis de desafio e diversão do jogo. Os resultados mostraram uma avaliação geral positiva, apesar de não ter sido aplicado nenhum instrumento para mensurar a efetividade da aprendizagem dos conteúdos abordados.

Kercher Greis, Reategui e Iwaszko Marques (2013) utilizaram O *Second Life*<sup>2</sup> para explicar os conceitos de colisão de corpos. Por meio de um ambiente tridimensional, os estudantes eram instigados a provocar o choque de dois carrinhos presentes em parques de diversão, conhecidos como “bate-bate”, e analisar as forças envolvidas no fenômeno. O jogo foi testado com seis estudantes e os resultados mostraram-se favoráveis à sua adoção.

Não somente os jogos digitais são alvos das pesquisas, como pode ser observado no trabalho conduzido por Pereira (2008), o qual avaliou a efetividade de dois jogos de tabuleiro no ensino de física. O primeiro, *Conhecendo a física*, é um jogo de perguntas e respostas no qual o jogador deve percorrer as casas de um tabuleiro: vence quem completar o circuito primeiro. O segundo, *Ludoestática*, é um jogo de tabuleiro que trabalha com conteúdos de eletrostática através da interpretação de figuras e equações. Ao final da pesquisa, o autor conclui que os jogos possuem um grande potencial no processo ensino/aprendizagem e que ainda há muito o que se trabalhar.

Na última edição da SBGAMES – 2017, algumas pesquisas envolvendo jogos e a disciplina de física foram apresentadas. Entre elas, podemos citar Costa e Miranda (2017), os quais utilizaram o jogo Portal 2 com alunos do 1º ano do EM. Esse não é um JED e sim um jogo de entretenimento. Após as intervenções, os autores encontraram resultados divergentes das expectativas. O jogo não gerou a motivação esperada, a interação entre os alunos não se deu de forma satisfatória, além da maior parte dos alunos não considerarem o jogo como um bom complemento para o aprendizado de física. Segundo os autores, estes resultados divergem de outros encontrados na literatura no qual o mesmo jogo foi utilizado, porém, em faixas etárias distintas e outros contextos sociais. Os autores também apontam a dispersão durante

---

<sup>2</sup> Ambiente virtual tridimensional que simula alguns aspectos da vida real e social do ser humano.

as atividades, na qual muitos alunos jogaram fases distintas da que estava sendo utilizada em sala de aula, ou foram navegar na Internet.

Neste mesmo evento, Cunha *et al.* (2017) apresentaram o *Magnet 3D*, um JED voltado ao ensino de física que aborda o movimento de cargas elétricas dentro de um campo magnético. Utilizando do sensor *Kinect*, o jogador é desafiado a lançar partículas de energia e acertar alvos localizados dentro um ambiente tridimensional. Segundo os autores, esse tipo de interação que é impossível de ser trabalhada no dia-a-dia, aumentou o interesse pelo conteúdo e permitiu maior aprofundamento nos conceitos. Observou-se ainda uma melhoria no aprendizado. A Figura 1 apresenta uma das fases do *Magnet 3D*.

Figura 1: 4ª fase do Magnet 3D.



Fonte: Cunha et al. (2017).

Outro estudo envolvendo jogos foi realizado por Ventura e Shute (2013). Eles desenvolveram e testaram o *Newton's Playground*, um JED que tem como principal objetivo elucidar as três Leis de Newton. Os autores analisaram sua eficiência utilizando *logs*<sup>3</sup> das ações dos usuários. Os resultados do estudo evidenciaram que os jogos contribuem para o aprendizado e que podem ser utilizados para avaliação do conhecimento.

Além dos JS, ambientes *online* de simulações estão sendo utilizados para mediar o processo ensino/aprendizagem. Entre esses ambientes, destacam-se o *PhET Interactive Simulations* e o *ComPADRE-Open Source Physics*. Ambos são compostos por simuladores que auxiliam na compreensão dos conceitos de física por

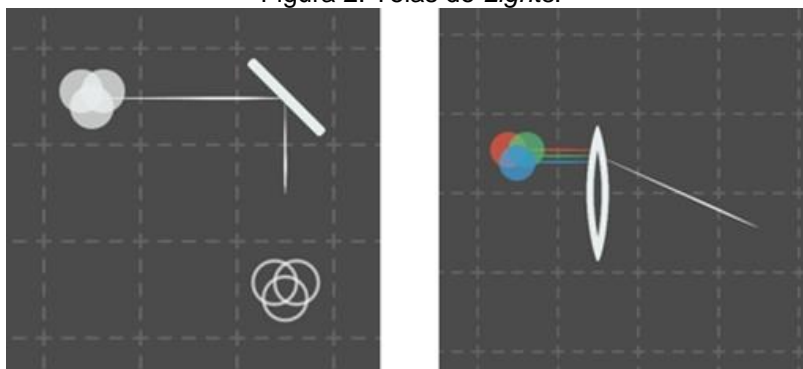
---

<sup>3</sup> Relatório que contém dados relacionados a um processo, neste caso, ações do usuário.

meio de modelagens computacionais. Pesquisas utilizando esses simuladores já foram realizadas, entre elas, Farrokhnia e Esmailpour (2010) estudaram a compreensão de circuitos elétricos por meio de ambientes virtuais, Bozkurt e Ilik (2010) analisaram o impacto de simulações computacionais em alunos de física I e Krobthong (2015) também avaliou a efetividade dos simuladores na disciplina de Fundamentos de Física. Apesar dos resultados positivos encontrados em todos os estudos, esses ambientes normalmente apresentam limitações como uma *interface* simples 2D, não apresentam fases jogáveis e, algumas ferramentas, apenas adicionam animação a um conteúdo estático, mantendo basicamente a mesma estrutura já encontrada em livros didáticos.

Outras iniciativas na área de física são constantemente apresentadas, porém, são projetos executados de forma independente e sem comprovação científica dos ganhos e potencial de aplicação. Na edição 2017 do *Global Game Jam*<sup>4</sup>, evento no qual desenvolvedores se reúnem em um único espaço físico para desenvolver jogos, os jogos *Lights* e *A Game About Lights* foram criados. O primeiro, desenvolvido em Unity3D para Android<sup>5</sup> e iOS<sup>6</sup>, desafia o participante a resolver questões de óptica utilizando lentes, espelhos, prismas e filtros de cor. Com uma interface simples, o usuário deve posicionar os objetos na tela de forma a fazer com que o raio emitido alcance seu objetivo final. Nessa mesma linha, o jogo *A Game About Lights* cria desafios semelhantes, utilizando também espelhos, lentes e prismas. A Figura 2 apresenta duas telas do *Lights* e a Figura 3 uma das fases do *A Game About Lights*.

Figura 2: Telas do *Lights*.



Fonte: Global Game Jam (2017)

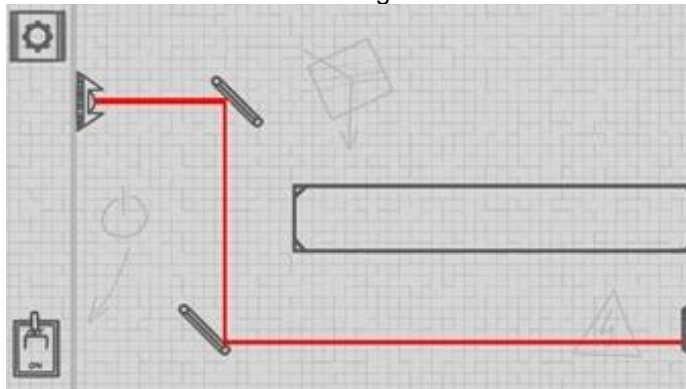
---

<sup>4</sup> <https://globalgamejam.org/>

<sup>5</sup> Sistema operacional desenvolvido pela Google para smartphones

<sup>6</sup> Sistema operacional desenvolvido pela Apple para uso exclusivo nos iPhones

Figura 3: Tela do A Game About Lights - Global Game Jam 2017.



Fonte: Global Game Jam (2017)

Como pode ser visto, a escassez de JS na área de física é algo real. Uma busca no site do *Serious Games Institute*, que é um centro internacional de excelência em jogos sérios, pesquisa aplicada e negócios, não retornou nenhum jogo ou publicação direcionada ao ensino de física. O motivo para tal fato é desconhecido e pode estar associado a diversos fatores, entre eles, a dificuldade na adaptação dos conteúdos de física em uma abordagem lúdica, o formato da educação brasileira, a forma como os conteúdos são cobrados após a conclusão do EM e a formação docente. Vale ressaltar que a maioria dos conteúdos de física são teóricos e carregados de equações. Outro motivo pode estar associado à falta de processos e metodologias de ES que se adequam ao desenvolvimento de JS para esta área. Neste sentido, os próximos subitens abordam os principais processos e metodologias de desenvolvimento presentes na ES.

## 2.5 Aprendizagem Significativa

Proposta por David Ausubel em 1963, a aprendizagem significativa é um processo de interação entre um novo conhecimento com outro previamente estabelecido (MOREIRA, 2016). A esse conhecimento prévio Ausubel chamou de *subsunçor*.

A ideia do subsunçor refere-se a uma estrutura cognitiva já presente no aprendiz e essa estrutura serve de “âncora” para novos conceitos e informações. Segundo Moreira (1999), Ausubel via o armazenamento de informações no cérebro ocorrendo de forma organizada e seguindo uma hierarquia conceitual, no qual novas informações eram ligadas a conceitos pré-existentes.

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

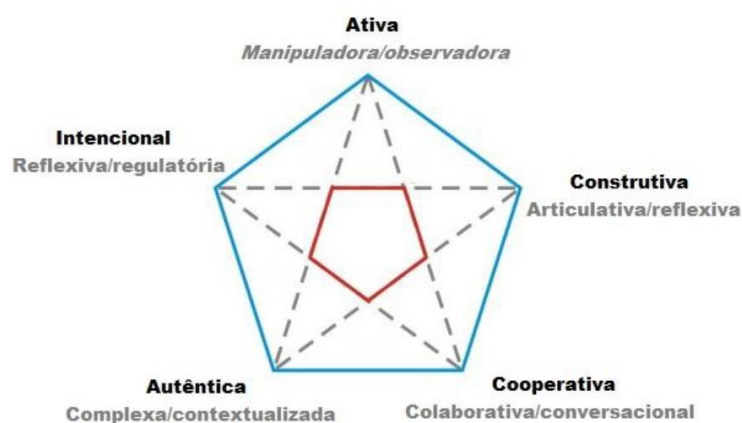
Os subsunçores surgem nos indivíduos desde a infância e, com o passar dos anos são modificados de acordo com as suas experimentações, tornando-se mais abrangentes e organizados (GONÇALVES, 2005).

Para que a aprendizagem ocorra de forma significativa, Ausubel explicita que as novas informações deverão estar relacionadas com conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, de forma substantiva e não arbitrária. Moreira (2016) define forma “não arbitrária” como sendo a relação do material novo com os subsunçores pré-existentes. Além disso, é essencial que o aluno esteja disposto a aprender, pois se não houver interesse, não haverá relação afetiva capaz de modificar os subsunçores.

Na ausência de subsunçores, o aprendiz pode ser confrontado a organizadores prévios, que são materiais introdutórios. Esses organizadores farão a ligação entre um conteúdo que o aluno já conhece com o que ele deveria saber. Moreira (2011) apresenta dois tipos de organizadores prévios. São eles: i) expositivo, no qual o aluno é apresentado a um novo material com a finalidade de criar os subsunçores necessários; ii) comparativo, quando o novo conteúdo é familiar a outros já presentes na estrutura cognitiva do aluno.

Jonassen (2000) afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando o ambiente de ensino proporciona ao estudante cinco condições básicas de aprendizagem. A Figura 4 apresenta essas condições.

Figura 4: Condições básicas para aprendizagem significativa



Fonte: Guillermo (2016)



- **Ativa:** o aluno deve ser ativo no processo, manipulando objetos e observando os efeitos dessa interação com o ambiente;
- **Construtiva:** os alunos devem refletir sobre suas interações e observações;
- **Cooperativa:** as pessoas vivem em sociedade, dessa forma, os alunos devem construir seus conhecimentos interagindo com outras pessoas;
- **Autêntica:** as experimentações devem simular ambientes reais e não simplificações desses. O mundo real é dotado de problemas complexos, irregulares e mal estruturados;
- **Intencional:** a aprendizagem deve ter um foco, uma meta, um objetivo. Quando estes estão presentes, os alunos pensam e aprendem mais.

Dessa forma, qualquer atividade deve ser pensada e aplicada levando em consideração essas condições. Além disso, cabe ao educador identificar a presença ou não dos subsunçores necessários ao processo, e, na ausência desses, apresentar organizadores prévios que auxiliarão o processo.

## 2.6 Processo de Desenvolvimento

Como visto anteriormente, JS são jogos que, além do fator entretenimento, adicionam elementos instrucionais que podem ser utilizados para educação, instrução, treinamento e simulações (ALDRICH, 2005). Eles podem ter diversos formatos, entre eles, tabuleiros, cartas, dados, caneta e papel e mais recentemente os JED, foco deste estudo, que precisam de um dispositivo eletrônico para sua execução (*tablets*, computadores, *smartphones*, etc). Estes representam a convergência dos jogos de entretenimento digitais com os princípios de ensino e pedagogia. A Figura 5 apresenta essa convergência.

Figura 5: Convergência das áreas – Jogos Sérios.



Fonte: elaborado pelo autor.

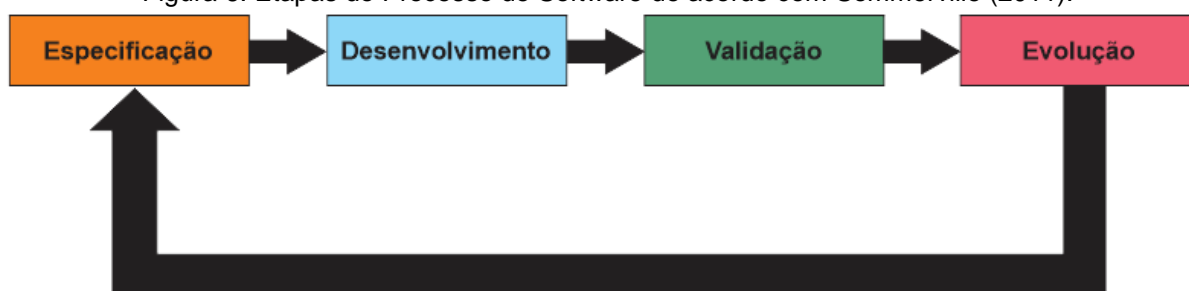
Diversos são os benefícios do uso dos JED em relação ao tradicional método de ensino, entre eles, o maior engajamento, motivação e imersão provocada por ambientes computacionais que apresentam muito mais recursos do que as aulas expositivas, apostilas e apresentações de slides, comumente utilizadas em sala de aula (WANGENHEIM, SAVI e BORGATTO, 2012).

Apesar de terem um aspecto pedagógico que os diferenciam de qualquer outro tipo de jogo, os JED não passam de programas computacionais que são desenvolvidos por empresas ou iniciativas autônomas. Dessa forma, o processo de desenvolvimento deve seguir alguns métodos para garantir a qualidade do produto final, e principalmente, a aplicabilidade e usabilidade em sala de aula.

A área voltada a gerenciar os processos envolvidos no desenvolvimento de um *software* é conhecida como Engenharia de Software (ES), segundo Sommerville (2011), é uma disciplina de engenharia cujo foco está em todos os aspectos relacionados à construção de um programa, que vão desde os estágios iniciais da especificação até o processo de manutenção, que ocorre após o mesmo entrar em operação.

A ES prevê uma abordagem sistemática no desenvolvimento de qualquer sistema. Essa abordagem é chamada de Processo de Software (PS) e Sommerville (2011) a define em quatro atividades fundamentais. São elas: i) *especificação do software*: etapa no qual clientes e engenheiros definem o escopo e as restrições do programa; ii) *desenvolvimento*: etapa no qual o produto é projetado e programado; iii) *validação*: momento em que o *software* é verificado de acordo com as especificações do projeto; iv) *evolução*: etapa no qual o *software* é modificado para atender a novas demandas do cliente. A Figura 6 apresenta as quatro etapas definidas por Sommerville (2011).

Figura 6: Etapas do Processo de Software de acordo com Sommerville (2011).

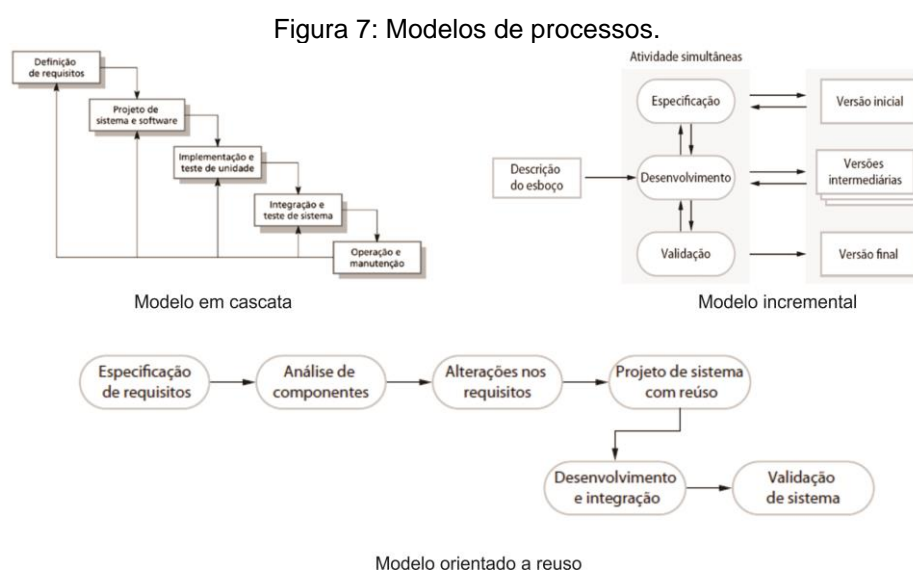


Fonte: elaborada pelo autor.

As etapas por ele definidas devem ser aplicadas independentemente do modelo de processo adotado. Estes modelos definem como as etapas serão conduzidas e são apresentados a seguir.

### 2.6.1 Modelos de Processos de Software

Como visto anteriormente, o PS é um conjunto de atividades relacionais que levam à produção de programa. Essas atividades estão normalmente associadas a um modelo de processo, que nada mais é do que um *framework* no qual as atividades de desenvolvimento são associadas. Na literatura, diversos modelos são encontrados, sendo os mais conhecidos: i) modelo em cascata; ii) desenvolvimento incremental; iii) ES orientado a reuso. A Figura 7 apresenta os modelos de processos definidos por Sommerville (2011) e a Tabela 1 suas definições.



Modelo orientado a reuso  
Fonte: elaborada pelo autor – adaptada de Sommerville (2011).

Tabela 1: Modelos de processos segundo Somerville (2011).

Modelo	Definição
Cascata	Modelos que considera as atividades fundamentais do processo de especificação, desenvolvimento, validação e evolução, e representa cada uma delas em fases distintas, como: especificação de requisitos, projeto de <i>software</i> , implementação, teste e assim por diante.
Incremental	Essa abordagem intercala as atividades de especificação, desenvolvimento e validação. O sistema é desenvolvido com uma série de versões (incrementos), de maneira que cada versão adiciona funcionalidades à anterior.
Orientado ao reuso	Essa abordagem é baseada na existência de um número significativo de componentes reusáveis. O processo de desenvolvimento do sistema concentra-se na integração desses componentes em um sistema já existente, ao invés de desenvolver a partir do zero.

Fonte: elaborada pelo autor.

Independentemente do modelo escolhido, é importante que ele se adapte às necessidades do projeto. Rodrigues e Estrela (2012) afirmam que empresas que trabalham na área de desenvolvimento de jogos educacionais devem definir seus próprios processos a fim de suprir as lacunas que suas equipes possuem, lacunas estas que podem ser a falta de uma equipe especializada no assunto, a falta de programadores visuais, instrucionais ou até mesmo um corpo pedagógico capaz de analisar e avaliar a forma como o conteúdo é abordado. Além disso, é importante definir a metodologia que irá nortear todo o processo de desenvolvimento.

## 2.7 Metodologias de Desenvolvimento

O termo “metodologia” é definido no dicionário Michaelis como sendo o conjunto de regras e procedimentos que devem ser seguidos para a realização de uma pesquisa (WEISZFLOG, 2004). Na área de ES, metodologia é a maneira/forma de coordenar ações e métodos que irão resultar em um produto, neste caso, programa de computador. Essa diferenciação se deve ao fato que a metodologia aplicada no desenvolvimento de *softwares* irá definir a forma como a equipe de trabalho irá desenvolver o produto, diferentemente de um trabalho científico no qual a metodologia guia o pesquisador durante seus experimentos.

A maneira como os *softwares* são desenvolvidos evoluiu muito ao longo dos anos. As metodologias tradicionais datam da década de 70 e são chamadas de pesadas ou orientadas à documentação (SOARES, 2004). Elas surgiram quando os *software* eram projetados para serem executados em *mainframes* e terminais e o custo para se fazer uma alteração era extremamente elevado. Essas metodologias garantiam que o *software* só seria codificado após uma exaustiva tarefa de planejamento e documentação. Até hoje, alguns programas são projetados com essas metodologias, porém, ela é normalmente aplicada a sistemas com alto grau de criticidade e segurança, no qual erros de projeto podem causar danos irreparáveis.

Um dos grandes problemas dessas metodologias é o processo de desenvolvimento, que tende a ser lento devido a todos os critérios envolvidos no processo de especificação. O *Standish Group*, que é uma organização primária de pesquisa que se concentra no desempenho do projeto de *software*, apontou em seu relatório de 2005 que, em um universo de 8.380 projetos que empregaram métodos

tradicionais de desenvolvimento, apenas 16,2% foram entregues dentro do prazo respeitando os custos. Cerca 31% foram cancelados e outros 52,7% foram entregues fora do prazo ou com custos maiores do que foram previstos (SOARES, 2004, *apud* STANDISH GROUP, 1995).

Com a contínua evolução das tecnologias e o advento da Internet, novos sistemas e demandas foram surgindo e o processo de desenvolvimento teve que se tornar mais ágil e eficiente. Surgiu nesse momento o termo “Metodologias Ágeis”, que se tornou popular em 2001 quando 17 especialistas em processos de desenvolvimento estabeleceram princípios comuns compartilhados por várias metodologias. Foi então criada a “Aliança Ágil” e o “Manifesto Ágil”, com os seguintes princípios:

- **Indivíduos e interações** mais que processos e ferramentas;
- **Software em funcionamento** mais que documentação abrangente;
- **Colaboração com o cliente** mais que negociação de contratos;
- **Responder a mudanças** mais que seguir um plano.

O grande diferencial dessa nova forma de programar está na organização das atividades. Ao invés de concentrar esforços nos processos e ferramentas, na documentação, nos contratos e etc., elas os colocaram em segundo plano dando prioridade aos indivíduos, ao *software*, à colaboração, entre outros. Essa alteração na forma de desenvolvimento foi essencial para que pequenas e médias empresas pudessem competir em um mercado que sofre mudanças a todos os momentos. Entre as diversas metodologias ágeis, podemos citar: i) *eXtreme Programming*; ii) *Scrum*; iii) *Microsoft Solution Framework*; iv) *Feature Driven Development*. Independentemente da metodologia escolhida, todas elas possuem como premissa a qualidade final do produto/sistema (PRESSMAN, 1995; SOMMERVILLE, 2011).

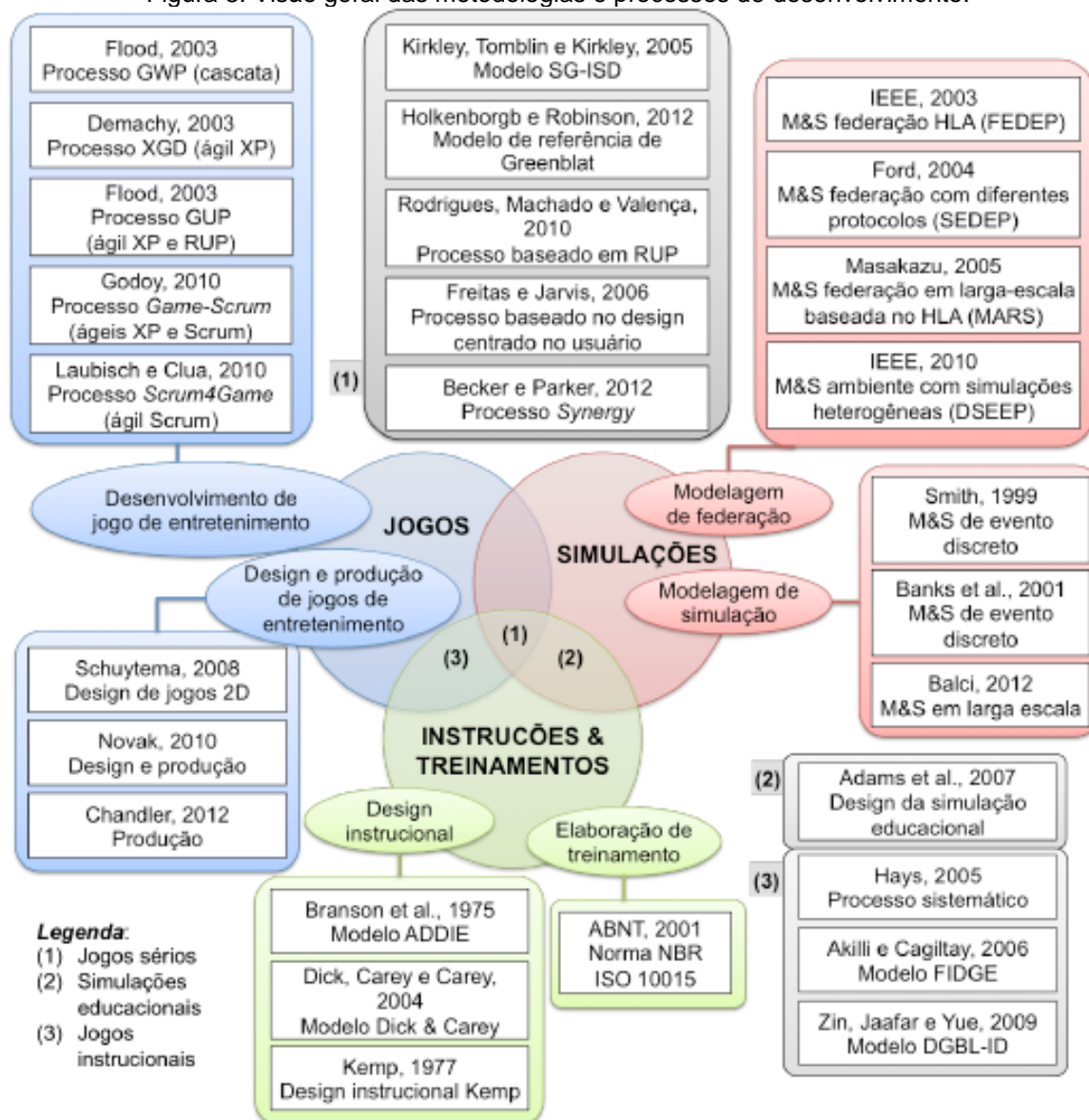
Todo processo de desenvolvimento de um *software* leva em consideração alguma metodologia, sejam elas tradicionais ou ágeis. No caso dos jogos, isso não é diferente, porém, algumas adaptações podem e devem ser realizadas. Essas adaptações são necessárias devido ao seu propósito principal – entretenimento – e à composição da equipe envolvida que normalmente é multidisciplinar, composta por: i) *programadores*: responsáveis pela codificação; ii) *atores*: responsáveis pela produção da história (enredo); iii) *programadores visuais*: responsáveis pelo projeto e

modelagem de cenários, personagens, artefatos; iv) *especialistas*: professores ou usuários com conhecimentos avançados quando o assunto envolve educação ou treinamento; v) diretores: organizam todo o processo (similar ao diretor de um filme). As adaptações realizadas servem para integrar todos os membros ou ajustar os processos.

Em 2014, Rocha (2014) realizou um estudo descritivo dos principais processos e metodologias envolvidas no desenvolvimento de jogos de entretenimento, jogos sérios e simulações. Em seu trabalho, a autora expõe as principais características, diferenças e limitações de cada metodologia voltada para o desenvolvimento de: i) jogos de entretenimento; ii) *design* e produção na indústria de jogos; iii) modelagem e simulação; iv) criação de instrução e treinamento; v) jogos instrucionais; vi) jogos sérios. Adicionalmente, a autora propõe uma nova metodologia denominada Desenvolvimento de Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação de Desempenho Humano (DevJSTA), a qual busca minimizar as limitações de cada uma das pré-existentes, integrando os processos e métodos de desenvolvimento de jogo, conteúdo, simulação, treinamento das competências requeridas, medições, *feedback*, avaliações e validações, de forma a possibilitar a criação, reuso, interoperabilidade e extensão de novos Jogos Sérios de Treinamento e Avaliação do Desempenho Humano (JSTA) (ROCHA, 2014). De acordo com a autora, os JSTA convergem da interseção das seguintes áreas: i) jogos; ii) simulações; iii) aprendizado & treinamento. Nas interseções das áreas também encontram-se outros tipos de ferramentas, como jogos de simulação, que são a convergência entre jogos e simulações. As Figura 8 e Figura 9 apresentam uma visão geral das metodologias e processos utilizados no desenvolvimento de jogos e as relações entre os tipos de ferramentas, de acordo com Rocha (2014).

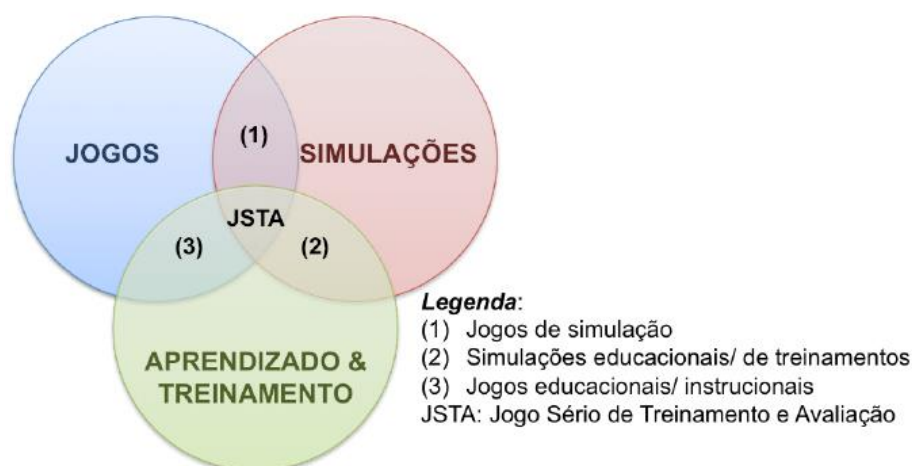
O DevJSTA proposto por Rocha (2014) mostra-se como uma das metodologias mais completas para o desenvolvimento de JS, possuindo em seu processo três etapas bem definidas: i) pré-produção; ii) produção; iii) pós-produção. O que a diferencia da maioria das metodologias presentes é o processo de verificação e validação, que compreende todo o ciclo de desenvolvimento. A Figura 10 apresenta o esquema metodológico do DevJSTA.

Figura 8: Visão geral das metodologias e processos de desenvolvimento.



Fonte: Rocha (2014).

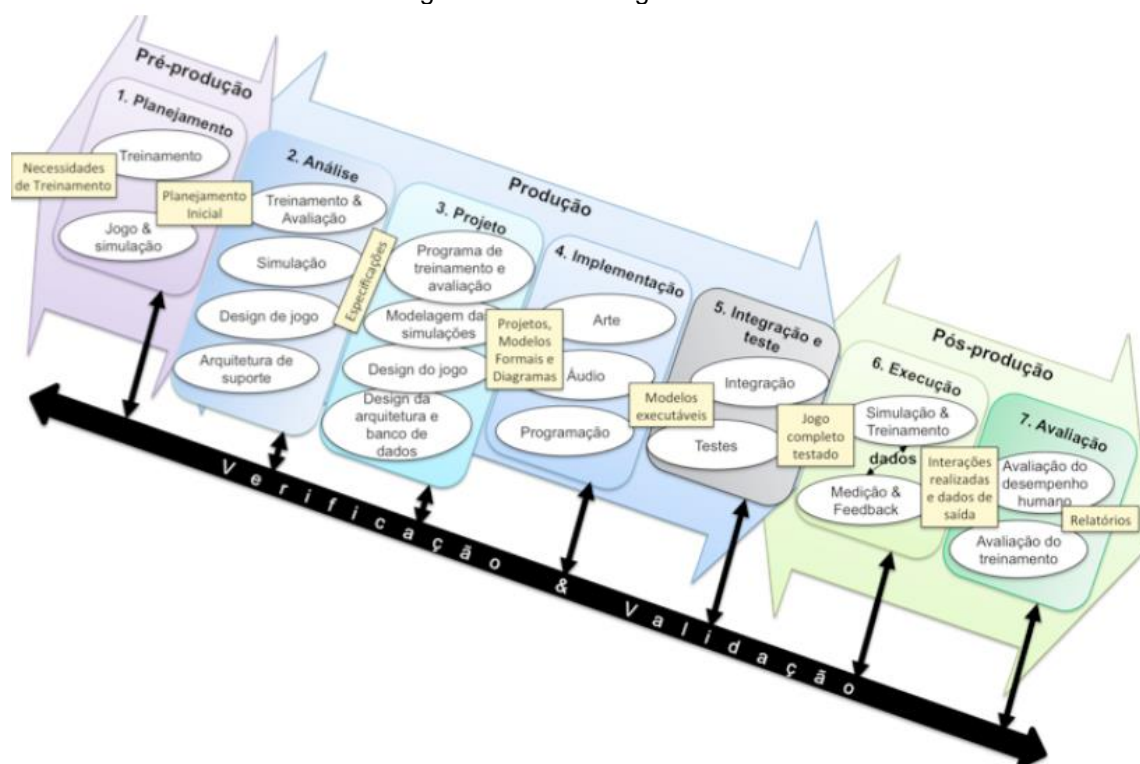
Figura 9: Inter-relações de aprendizagem/treinamento, simulação e jogos.



Fonte: Rocha (2014).



Figura 10: Metodologia DevJSTA.



Fonte: Rocha (2014).

Para analisar a eficiência da metodologia proposta, o DevJSTA foi utilizado no desenvolvimento de um *software* de treinamento voltado ao combate de incêndio. Os resultados iniciais mostraram que o sistema desenvolvido atendeu todos os pré-requisitos levantados, apontando inclusive uma mudança no protocolo real de combate a incêndio.

## 2.8 Design Participativo

O Design Participativo (DP) surgiu nos países escandinavos e foi criado originalmente para orientar o desenvolvimento tecnológico, especialmente no processo de informatização de postos de trabalho (KANG; CHOO; WATTERS, 2015). O principal objetivo dessa metodologia é incluir todas as partes interessadas em cada etapa do processo de desenvolvimento. Neste caso, essas partes incluem os projetistas, clientes, usuários, comunidade e todos que terão acesso ao produto final. Essa é a principal diferença entre o DP e as outras metodologias, que restringem o processo apenas aos profissionais especializados (ARAÚJO CAMARGO; FAZANI, 2014). De acordo com os mesmos autores, o DP se relaciona diretamente com outras metodologias, por exemplo, *design* centrado no usuário, *design* de interação, *design*



cooperativo, *design* interface, etc. A grande diferença é que o DP inclui esses atores no processo de desenvolvimento enquanto as demais os consideram apenas na utilização do produto final e este fator pode ser fundamental na aceitação do produto final construído.

Integrar os usuários finais no processo de desenvolvimento pode garantir sua aceitação, mas a participação deve ser estruturada, facilitada e interpretada (BODKER; GRONBAEK; KYNG, 1993). Tenório (1995) define o conceito de participação da seguinte forma:

[...] participar é uma prática social na qual os interlocutores detêm conhecimentos que, apesar de diferentes, devem ser integrados. O conhecimento não pertence somente a quem passou pelo processo de educação formal, ele é inerente a todo ser humano (TENÓRIO, 1995, p.77).

Trazendo esse conceito para o desenvolvimento de JED, percebe-se que os alunos tornam-se parte fundamental do processo, mesmo sem ter os conhecimentos necessários para o desenvolvimento ou sobre os conteúdos abordados. Suas experiências em jogos de entretenimento, ambientes virtuais e mídias sociais adicionam elementos que podem tornar o jogo mais aceito, além da motivação gerada por saberem que o produto final levou em consideração suas opiniões, críticas e sugestões.

Apesar dos benefícios dessa integração, o DP ainda é pouco difundido nas áreas de ES e Ciência da Computação (ARAÚJO CAMARGO e FAZANI, 2014), mesmo tendo suas origens na análise da introdução das tecnologias de informação em postos de trabalho. Uma hipótese para isso pode estar na dificuldade de condução do processo, uma vez que integrar uma equipe é uma tarefa complexa. Algumas pesquisas já foram realizadas neste sentido. Iversen, Dindler e Hansen (2013) propuseram um *framework* teórico para compreender a motivação de adolescentes no processo de DP. Os resultados mostraram que os jovens sentem-se motivados a partir de recompensas e que o grau de satisfação varia do tipo de ambiente no qual o processo está sendo conduzido.

Em outro estudo, Yalman e Yavuzcan (2015) analisaram os efeitos e os benefícios da inclusão de usuários finais no projeto de novos produtos. A pesquisa foi conduzida com alunos de graduação em *design* industrial com apoio de voluntários que não possuíam experiência em *design*, mas eram especialistas em suas áreas. Os autores apontaram o diálogo entre os estudantes e os usuários finais como um dos

principais ganhos da pesquisa e que a participação deles contribui para melhores produtos. Adicionalmente, concluíram também que a participação é complexa e difícil de ser conduzida.

Bueno e Balestrin (2012) realizaram um estudo avaliando a cooperação na indústria automotiva. Os autores reconheceram que essa prática é comum na cadeia automotiva de fornecedores e avaliaram o projeto Fiat Concept Car III, uma iniciativa da montadora FIAT no projeto de desenvolvimento do carro conceito Fiat Mio. Os resultados apontaram que a transição de um modelo de desenvolvimento fechado (recursos internos) para um modelo mais aberto (recursos externos) tende a ser mais frequente, porém, no projeto avaliado os resultados devem ser relativizados pois descrevem um carro conceito, o qual permitiu uma série de experimentações e que não representam a realidade dos padrões de desenvolvimento da indústria automotiva. A cooperação estudada pelos autores é uma forma de DP.

Em resumo, o DP se mostra como uma metodologia que leva em consideração a opinião dos usuários finais, porém, sua utilização depende da disponibilidade dos usuários com o projeto e da forma como ela é conduzida. Falhas na condução ou indisponibilidade dos usuários podem comprometer seriamente o processo. Além disso, cabe à equipe que está conduzindo o processo realizar ajustes para que o mesmo se enquadre na realidade dos recursos disponíveis para o desenvolvimento.

## **2.9 Etapas no processo de desenvolvimento de um jogo**

Independentemente do processo ou método escolhido, o desenvolvimento de um jogo é constituído de várias etapas ou fases. Rollings e Morris (2004) definem três etapas principais: conceito, estrutura e projeto. A etapa conceitual é definida pela ideia do jogo a ser construído, por exemplo, a criação de um jogo de guerra. A etapa estrutural define como a história do jogo será abordada. Nessa etapa, é definido o tipo de jogo, a história dos personagens, a época no qual ele se passa, entre outras características. Por último, o projeto, define como será o *gameplay* do jogo, a mecânica, criação dos cenários e personagens, os áudios, entre outros. O conceito de *gameplay* será abordado posteriormente.

Azevedo (2005) define ainda outras etapas que devem ser considerados na criação de um jogo, entre eles, o nome do jogo, o logotipo, a embalagem, o *trailer* de

abertura, etc. Ao todo, o autor cita 19 etapas que devem ser executadas e a esse conjunto de ações ele define como sendo o *Game Design* de um jogo. Clua e Bittencourt (2005) compartilham as mesmas ideias dos autores anteriores e resumem todo processo de desenvolvimento de um jogo em cinco etapas distintas: i) confecção do *Design Bible*; ii) produção de áudio e imagens 2D; iii) modelagem 3D; iv) desenvolvimento dos artefatos computacionais; v) integração dos aspectos artísticos com os aspectos computacionais. Quando o assunto são JS, Matsunaga, Bispo e Borges (2013) apresentam mais uma etapa, que na opinião dos autores, deve ser a primeira a ser considerada. É o paradigma educacional, ou seja, qual a estratégia de ensino a ser adotada para que o usuário final aprenda interagindo com o sistema. Os autores reconhecem que existem diversas formas, porém, não é possível afirmar qual a melhor. Entre essas formas, podemos citar o instrucionismo, o cognitivismo e o construtivismo.

Como pode ser visto, o número de etapas/fases envolvidas no processo de desenvolvimento de um jogo varia de autor para autor, porém, todos compartilham alguns elementos importantes, entre eles, a definição do enredo do jogo, a modelagem de objetos tridimensionais, a utilização de recursos audiovisuais, modelagem dos personagens, a mecânica do jogo, etc. Seguindo esses pontos de convergência, os próximos subitens irão abordar algumas etapas consideradas essenciais e desenvolvidas neste trabalho.

### 2.9.1 *Etapa conceitual*

A etapa conceitual consiste no momento em que as ideias e ações para o desenvolvimento do jogo são concebidas. Estas partem de alguma necessidade específica ou de uma motivação por parte de uma equipe. Azevedo (2005) aponta que essa é uma das principais etapas do processo e que ela deve ser convertida em ação o mais rápido possível, opinião também compartilhada por Rollings e Morris (2004).

As ideias então não servem para nada se não forem implementadas o mais rápido possível. A palavra certa para isso é AÇÃO. Ideia e ação estão diretamente conectadas (AZEVEDO, 2005, p.33).

Os sonhos são onde cada jogo começa. Antes do código, antes do plano de software, antes do conceito de arte, antes do primeiro documento, o jogo começa como uma faísca de imaginação do designer e a ideia é a única entidade persistente no ciclo de desenvolvimento do jogo (adaptado Rollings e Morris, 2004, p.36).

Segundo Rollings e Morris (2004), o processo criativo engloba quatro fases. São elas:

- **Inspiração:** obter as ideias;
- **Síntese:** combinação das ideias;
- **Ressonância:** criação da sinergia entre as ideias;
- **Convergência:** finalização das ideias e conceção do conceito do jogo.

A etapa conceitual é uma das mais importantes do processo e é ela quem vai direcionar a execução das outras etapas, entre elas, o enredo, o *gameplay*, os cenários e demais aspectos do jogo. Todos estes deverão estar alinhados com a etapa conceitual.

### 2.9.2 *Gameplay*

O termo *gameplay*, inexistente até o momento nos dicionários da Língua Portuguesa, é normalmente traduzido como jogabilidade (VANNUCCHI; PRADO, 2010). Segundo esses mesmos autores, esse termo é amplamente utilizado em *sites* e revistas especializadas que o consideram um termo corriqueiro. Diversos autores já o definiram, entre eles, Rollings e Morris (2004), que o consideram como a habilidade do jogador definir e empregar estratégias; Feil e Scattergood (2005), que o definem como o conjunto de elementos que tornam o jogo divertido; e Lindley (2002), que afirma que o *gameplay* é um processo de formação interativo que se refere às atividades realizadas no âmbito de um quadro de regras acordadas que contribuem direta ou indiretamente para alcançar metas.

Em geral, todas elas remetem às ações do jogador durante a prática de jogar. Neste trabalho, *gameplay* será definido de acordo com Vannucchi e Prado (2010), que o definem como sendo as interações do jogador com o ambiente, a partir da manipulação das regras e mecânicas do jogo, pela criação de estratégias e táticas que tornam interessante e divertida a experiência de jogar.

### 2.9.3 *Mecânica de um jogo*

O termo mecânica, no dicionário Aurélio (HOLANDA, 2010), remete a um conjunto imenso de definições que vão desde combinações de órgãos necessários

para produzir ou transmitir movimento até a mecânica relativista, que está fundada nos princípios da teoria da relatividade. Quando o assunto é jogos, a mecânica pode ser descrita como as ações do personagem realizadas durante o jogo (BATTISTELLA, 2016). Essas ações englobam a movimentação do personagem pelo cenário, as interações que ele realiza, as reações de suas interações e a forma como ele interage com os dispositivos de controle (teclado, mouse ou *joystick*).

A mecânica do jogo deve estar alinhada com a etapa conceitual. Por exemplo, a ideia de criação de um jogo de corridas deve envolver uma mecânica que englobe veículos, naves ou algo semelhante e no qual a jogabilidade remeta à realidade de um veículo. Da mesma forma, um jogo de guerra deve apresentar ao jogador personagens que irão se deslocar como um soldado dentro de um cenário composto por armas, trincheiras, veículos de combate, etc.

O *gameplay* e a mecânica do jogo em alguns momentos se confundem e não apresentam distinção. De forma geral, os dois devem ser pensados juntos, pois não existe mecânica sem a definição de regras, e não adianta definir regras que podem ser burladas por uma falha na mecânica do jogo.

#### 2.9.4 Narrativa ou enredo

Narrativa ou enredo de um jogo é uma história que apresenta ações ordenadas que descrevem acontecimentos ocorridos no cenário no qual o jogo se passa (BATTISTELLA, 2016).

Os primeiros jogos de entretenimento que surgiram eram pautados em um personagem ou objetos que realizavam uma série de ações, porém, estas ações não eram pautadas em uma história. Vamos tomar por base o jogo *River Raid*, lançado pela Atari no início da década de 80. Nele, o jogador conduzia um avião ao longo de um percurso no qual tinha como objetivo destruir helicópteros, navios e outros obstáculos, à medida do qual tinha que se preocupar com o consumo de combustível. Outro famoso jogo dessa mesma época, *Keystone kapers*, apresentava um segurança de um *shopping* ou loja de departamento que perseguia um ladrão ao longo dos corredores. A missão era prender o ladrão dentro de um tempo pré-estipulado. A medida que as fases iam evoluindo, obstáculos novos como carrinhos de supermercado e aviões surgiam com intuito de atrapalhar a progressão do jogador.

Estes jogos fizeram muito sucesso na década de 80, porém, se os mesmos fossem apresentados a atual geração de *gamers*, o que eles achariam? Azevedo (2005) aborda alguns pontos em relação ao jogo *River Raid*. São eles: Qual é o objetivo do jogo? Qual é a missão? Qual o nome do piloto? Qual o modelo do avião? Quem é o vilão?

Esses elementos, os quais para muitos podem parecer desconexos, possuem um alto poder de imersão no jogo, pois fazem com que o jogador faça parte do jogo. Atualmente, praticamente todos os jogos possuem uma história na qual o jogador se torna um personagem ou interage com ela. Como toda história, essa deve possuir elementos narrativos, personagens e objetivos a serem concluídos.

A criação de um enredo não é simples e sua apresentação deve conter elementos presentes no jogo e permitir que o jogador seja o dono da história e que acredite nela (AZEVEDO, 2005).

#### 2.9.5 Modelagem 3D

Modelagem é o processo pelo qual os cenários, personagens e artefatos ganham vida em um jogo. A modelagem deve passar ao jogador a sensação de imersão e esta é conseguida por meio de recursos como iluminação, sombras, texturas e animações (AZEVEDO, 2005; BABU; MARUTHI, 2013).

Segundo Azevedo (2005), a modelagem deve ser realizada pelo *game designer*, que é um profissional multidisciplinar com habilidades em artes e desenhos. Ele deve adaptar as formas rascunhadas pela equipe em um ambiente virtual, utilizando-se para isso programas de modelagem como 3D Max, Maya, Cinema 4D, entre outros.

O processo de modelagem é algo complexo e deve ser feito analisando-se sempre a complexidade do objeto modelado, pois este influencia diretamente no desempenho do jogo. Objetos com muitos polígonos tendem a deixar o ambiente pesado. Além disso, não basta apenas modelar os objetos 3D, mas é essencial também criar texturas que darão ao objeto uma aparência real.

A modelagem 3D pode estar presente em diversos momentos do desenvolvimento de um jogo, não ficando restrita apenas à criação dos artefatos, por exemplo, na criação dos cenários, personagens, *menus*, etc.

### 2.9.6 Interfaces gráficas

Além dos objetos tridimensionais que estão presentes em um jogo 3D, a criação das *interfaces* gráficas são outro aspecto importante que deve ser considerado. Estas são responsáveis pela entrada do jogador no jogo ou pelas telas que apresentam as configurações, instruções ou outras operações de suporte ao jogo (CLUA; BITTENCOURT, 2005).

Essa etapa envolve não somente a criação de imagens, mas também todos os recursos de áudio, que contribuem para maior imersão no ambiente. Essa junção de ações audiovisuais foi considerada pelo autor deste trabalho como sendo *interfaces* gráficas.

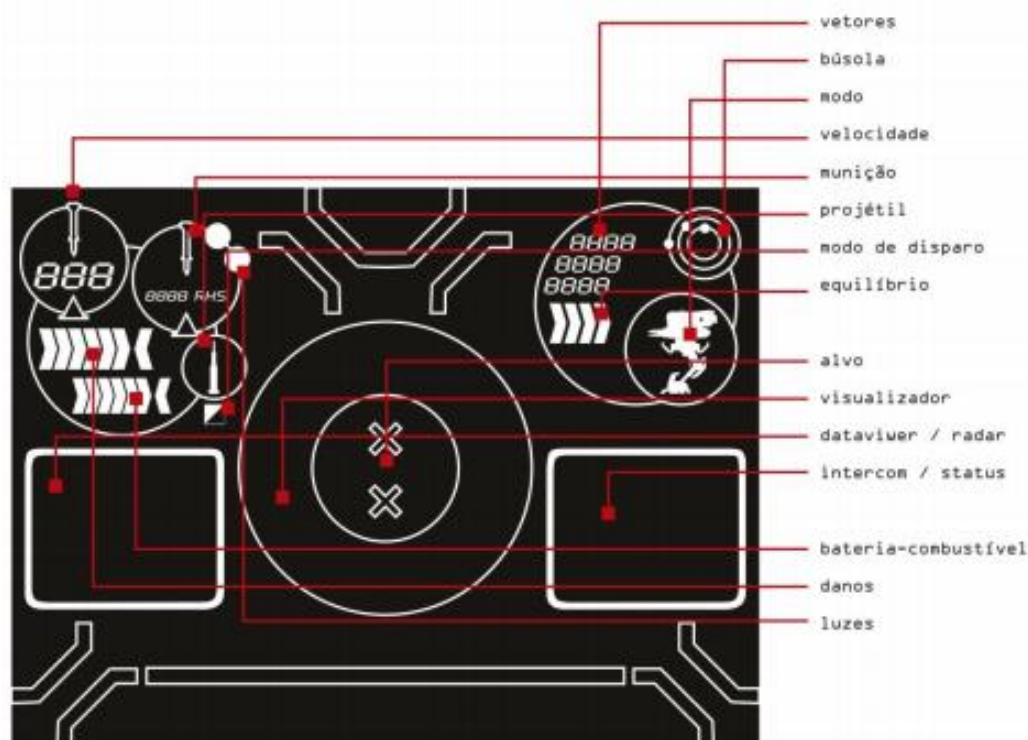
As *interfaces* gráficas podem ser classificados em dois tipos: i) *ingame*; ii) *outgame*. Os recursos *ingame* estão presentes em todos os cenários do jogo e fornecem informações sobre pontuação, *badges*, nível de vida, tempo, etc. Já as *interfaces outgame* estão presentes nas demais áreas do jogo e servem para configurar ou dar acesso a outras áreas. São comumente conhecidas como *menus*. A Tabela 2 apresenta alguns itens comuns à maioria dos JED e sua classificação entre *ingame/outgame*. A Figura 11 exemplifica uma *interface ingame* extraída do jogo METALmorphosis.

Tabela 2: Recursos *ingame/outgame*.

Itens	<i>Ingame</i>	<i>Outgame</i>
Telas de abertura		X
Escolha de personagens		X
Configurações do jogo		X
Pontuação ao jogar	X	
Número de vidas	X	
Radar	X	
Barras de energia	X	

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 11: exemplo de uma interface *ingame* (jogo METALmorphosis).



Fonte: (CLUA e BITTENCOURT, 2005).

### 2.9.7 Definição do nome e logotipo

Não menos importante do que os subitens tratados anteriormente, a escolha do nome e a criação de um logotipo para o jogo são fundamentais para seu sucesso. Segundo Azevedo (2005), esse processo é complicado e deve-se atentar para a originalidade e sonoridade, pois o reconhecimento da identidade de um jogo começa pelo nome. Tanto a leitura quanto a pronúncia não podem causar estranhamento ao consumidor.

Aliado ao nome, o logotipo traz a identidade visual do jogo. Este pode vir acompanhado ou não de um símbolo, que quando presente passa a identificá-lo perante um grupo de pessoas (AZEVEDO, 2005). Um bom logotipo deve possuir fácil leitura, transmitir a ideia do que representa e ser aplicável em diversos meios de comunicação. Segundo Perez (2004), o logotipo é a síntese da imagem da empresa ou de um produto e deve servir para identificá-la(o) sem hesitação.



### 2.9.8 Codificação

Apesar de nenhum dos autores citados na abertura desta seção abordar a codificação como uma etapa do processo de desenvolvimento de um jogo, ela deve ser considerada. A codificação é o momento no qual todas as regras e ações definidas no *gameplay* e na mecânica do jogo são implementadas.

A codificação pode ser realizada de diversas maneiras, de acordo com o ambiente no qual o jogo está sendo desenvolvido. A Unreal Engine, por exemplo, permite a codificação utilizando C++ ou *Blue Print*, uma programação visual baseada em *drag-and-drop*.

Na opinião do autor deste trabalho, não existe um momento exato para a codificação ocorrer. Ela deve estar intrínseca em todas as etapas. Durante o processo de modelagem de um cenário, todos os códigos relativos à sua mecânica já podem ser implementados. O mesmo pode ocorrer durante a modelagem e importação de um objeto 3D para ser utilizado durante o jogo. O importante é que a codificação respeite as regras definidas nas etapas *gameplay* e mecânica.

## 2.10 Categorização dos jogos

Outra etapa importante no desenvolvimento de um JS é a definição do gênero do jogo que será criado. Gênero é a categorização do jogo em relação às suas características, por exemplo, *gameplay*, produção, distribuição, estilo, entre outros.

Definir o gênero de um jogo não é uma tarefa tão simples quanto em outras modalidades midiáticas, como o cinema, que na maioria das vezes são determinadas apenas pela forma e conteúdo como são apresentadas (FERREIRA, 2013). Um jogo pode ter o conteúdo voltado à 2ª Guerra Mundial e ser apresentado (forma) em atirador primeira pessoa, e outro ter a mesma temática, porém ser abordado em atirador terceira pessoa. Dessa forma, os gêneros são distintos, apesar de terem como temática a segunda grande guerra.

Azevedo (2005) apresenta 12 gêneros, a saber: aventura, ação, *Role-Playing Game* (RPG), estratégia, simuladores, esportes, luta, casuais, *God games*, educacionais, *puzzle*, *online/massive multiplayer*. O autor não faz menções de como

efetuar a classificação, apenas apresenta características como descrição, mecânica e qualidades de cada gênero.

Ince (2006) apresenta 13 tipos de gêneros nos quais os jogos podem ser classificados. São eles: ação, aventura, jogos infantis, educacionais, luta, *massively multiplayer*<sup>7</sup>, *puzzle*, corrida, RPG, tiro, simulação, esportes e estratégia. Segundo o autor, a classificação deve ser feita a partir do *gameplay* do jogo (forma), desconsiderando outras características, como conteúdo, produção, distribuição, entre outros. Sem a distinção entre *gameplay* e conteúdo, por exemplo, um jogo educacional pode ser enquadrado como jogo educacional, ou jogo de aventura, ou *multiplayer*, dependendo apenas do modo como o jogador interage – joga.

Wolf (2002) sugere que a definição do gênero de um jogo não considere apenas forma e conteúdo, mas também questões relacionadas às formas de interação. Esse modelo é também corroborado por Ferreira (2013), porém, este sugere ainda outros elementos, como os modelos de desenvolvimento, produção e distribuição do jogo. O autor elenca algumas premissas que podem auxiliar no processo de classificação quanto ao gênero de um jogo e propõe que a classificação seja feita com base em uma taxonomia de gêneros, que engloba:

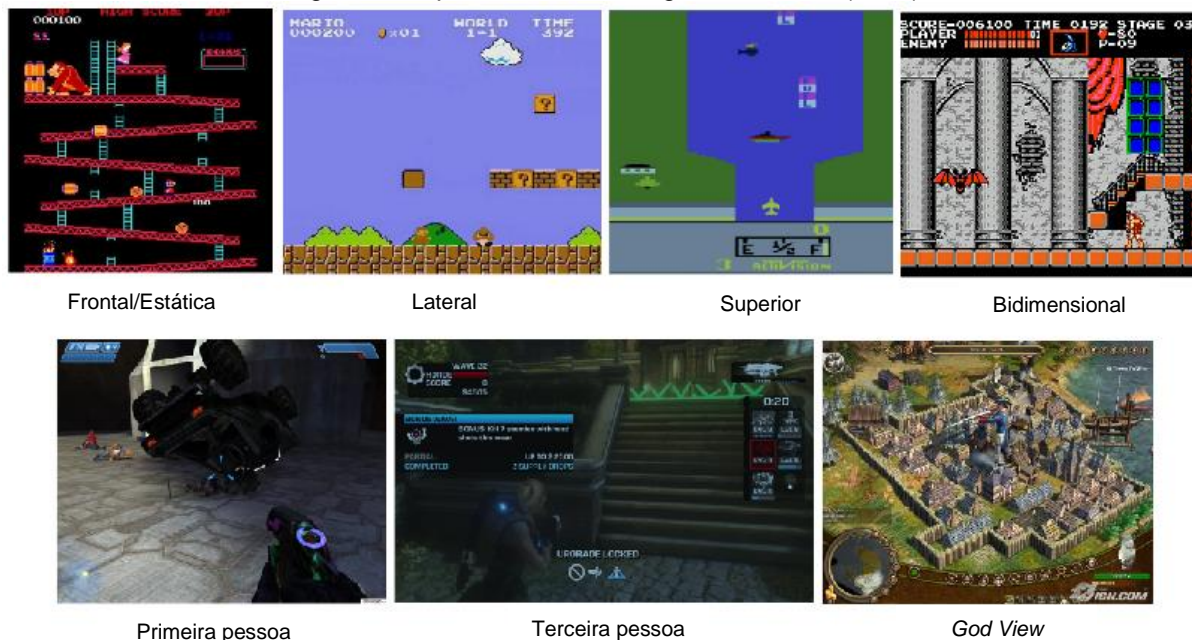
- **Conteúdo:** define o tema, a história, o assunto do jogo. Por exemplo, 2ª Guerra Mundial, história épica, fantasia;
- **Forma:** define como o jogo será apresentado em termos visuais (câmera e gráficos). Neste quesito, o autor classifica os jogos de acordo com o tipo de câmera utilizado (frontal e estática, lateral, superior, bidimensional, primeira pessoa, terceira pessoa, *God View*) e através do tipo de gráfico utilizado (*Pixel Art*, *cartoon*, artístico, realista). A Figura 12 apresenta os tipos de câmeras e a Figura 13 os tipos de gráficos segundo Ferreira (2013);
- **Gameplay:** define a forma como o jogador interage com o jogo (primeira pessoa, terceira pessoa, aventura, RPG, entre outros);
- **Propósito:** define a finalidade do jogo (entretenimento, educacionais, jogos de publicidade, jogos de notícias, *political games*);

---

<sup>7</sup> Jogos multijogadores online

- **Métodos de desenvolvimento e publicação:** definem o processo de desenvolvimento e a forma como serão distribuídos (*mainstream* e *indie games*).

Figura 12: Tipos de câmeras segundo Ferreira (2013).



Fonte: elaborada pelo autor – adaptada de Ferreira (2013).

Figura 13: Tipos de gráficos segundo Ferreira (2013).



Fonte: elaborada pelo autor – adaptada de Ferreira (2013).

De acordo com Ferreira (2013), essas características são essenciais na classificação do gênero do jogo, principalmente devido a uma nova categoria de jogos, os *Indie Games* (IG – jogos independentes), tipo de jogo com produção diferenciada que utiliza de meios alternativos para a distribuição em relação às tradicionais empresas de jogos convencionais (LIPKIN, 2012). Esse tipo de jogo possui características particulares, como equipes pequenas, domínio de toda a cadeia de desenvolvimento, possibilidade de se trabalhar com temas que fogem às tendências de mercado, “pessoalidade”, liberdade de expressão e objetivos distintos dos convencionais (FERREIRA e OLIVEIRA, 2015).

Para justificar sua proposição de taxonomia de gêneros, Ferreira (2013) conclui:

Não fossem os *indie games* uma categoria – ou gênero per se – não seriam assim intitulados, seja no meio acadêmico, seja na indústria. No entanto, conforme já comentado anteriormente sobre outros gêneros, como Jogos Educacionais, podemos ter *indie games* que se encaixam no gênero plataforma (Braid, Limbo, Super Meat Boy), no gênero puzzle (FEZ), ou ainda no gênero Art Games (Flower, Journey). Daí a proposta de uma taxonomia de gêneros que abarque um contexto cruzado, ou seja, que não delimite um jogo apenas dentro de um gênero, mas que este mesmo jogo possa estar enquadrado em diversos gêneros, de acordo com seus diversos aspectos (FERREIRA, 2013, p.47).

A classificação IG tem sofrido alguns questionamentos nos últimos anos, principalmente pela forma de distribuição. Em sua definição inicial, eles seriam distribuídos de forma alternativa sem apoio de uma grande empresa, porém, uma grande quantidade de jogos que estão classificados nessa categoria é hoje distribuída por *Market Places* como AppleStore, GooglePlay, Xbox Live, PSN, Stean, entre outras. Como exemplo deste fato podemos citar FEZ e Super Meat Boy, dois jogos classificados como IG que são distribuídos pela Xbox Live. Em outra ponta, Machinarium é também classificado como IG, porém, sua distribuição é realizada pelo próprio desenvolvedor (FERREIRA, 2013).

Por essa forma distinta de distribuição, Ferreira (2013) propõe ainda uma subdivisão dos IG em dois tipos: i) processo independente completo, no qual os autores são responsáveis pelo desenvolvimento e distribuição do jogo; ii) processo independente parcial, no qual os autores desenvolvem, porém, a distribuição é realizada por uma *mainstream*<sup>8</sup>, ou seja, uma empresa (Xbox Live, PSN, etc). O autor cita diversos fatores para esse tipo de subdivisão, entre eles, o retorno dos *royalties* obtidos na venda do jogo, os quais são rateados entre os autores, a distribuidora do jogo e a marca associada, que mesmo não sendo desenvolvidos pelas *mainstream*, estes carregam seus logotipos que acabam associando o jogo diretamente a elas.

Como pode ser visto, não existe um padrão para classificação dos jogos. Diversos autores apresentam formas distintas, que em alguns momentos consideraram apenas a temática do jogo, em outros, a temática e a forma, e em um terceiro modo, mais características, como *gameplay*, produção e distribuição. Definir a forma como o gênero do jogo será classificado, depende basicamente do autor.

---

<sup>8</sup> Grandes empresas de desenvolvimento ou distribuição de jogos eletrônicos.

## 2.11 Métodos de avaliação de um jogo

Avaliar um JED é um processo complexo que não deve levar em consideração apenas os ganhos quantitativos<sup>9</sup> que ele proporcionou. Estes, apesar de serem importantes, não garantem que o jogo foi bem desenvolvido ou que terá aceitação do corpo docente. Além disso, não são capazes de mensurar itens como jogabilidade, imersão, desafio e clareza de objetivos.

A maioria dos trabalhos científicos presentes na literatura realizam apenas uma avaliação quantitativa, ou seja, com base no rendimento obtido pelo aluno, ou uma avaliação qualitativa, focada apenas nos relatos dos usuários que experimentaram o jogo. Entre estes estudos, podemos citar Karlini e Rigo (2014), Franco (2014), Otsuka *et al.* (2015), Bordini *et al.* (2015), Dias *et al.* (2015). Uma das hipóteses para a ausência dessas avaliações (quantitativas ou qualitativas) é a escolha da metodologia envolvida no processo. A ausência de usuários finais no processo pode dificultar a avaliação. Mesmo o DevJSTA proposto por Rocha (2014), que possui várias etapas de validação, não possui um método de avaliação descrito no processo.

Tsuda *et al.* (2014) realizaram um estudo com os principais métodos que podem ser utilizados para avaliar um jogo educacional. Entre estes métodos, destacam-se quatro: i) *Learning Objects Review Instrument* (LORI), o qual analisa objetos de aprendizagem sobre nove categorias; ii) *GameFlow*, um método baseado na Teoria do Fluxo que avalia o quanto uma atividade é prazerosa/agradável; iii) *EGameFlow*, uma adaptação do *GameFlow* destinado a jogos educativos; iv) *Usability of Educational Computer Games* (UsaECG), um método heurístico criado para guiar especialistas na avaliação de jogos educacionais.

Os métodos LORI, *GameFlow* e *EGameFlow* podem ser respondidos por usuários finais e especialistas na área, enquanto o método *UsaECG* é destinado à avaliação somente por especialistas. Este último propõe inclusive um protocolo a ser seguido, que engloba as fases de treinamento, avaliação e revisão dos itens avaliados. A Tabela 3 apresenta um comparativo dos métodos.

Independentemente do método escolhido, é importante que um JED seja avaliado não só pelos ganhos proporcionados, mas também pela sua capacidade de

---

<sup>9</sup> Notas obtidas em provas ou testes aplicados em sala de aula após a utilização de um jogo.

imersão, concentração, interação social, entre outros, fatores esses essenciais no processo ensino/aprendizagem.

Tabela 3: Comparativo entre os métodos de avaliação de jogos.

Método	Itens avaliados	Objeto avaliado	Escala de avaliação
<i>LORI</i> <sup>*</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade de conteúdo</li> <li>• Alinhamento com o objetivo de aprendizagem</li> <li>• Feedback e adaptações</li> <li>• Motivação</li> <li>• Design de apresentação</li> <li>• Usabilidade e interação</li> <li>• Acessibilidade</li> <li>• Reusabilidade</li> <li>• Conformidade com padrões</li> </ul>	Objetos de aprendizagem em geral	Likert (1 a 5)
<i>GameFlow</i> <sup>**</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração</li> <li>• Desafios</li> <li>• Autonomia</li> <li>• Controle</li> <li>• Clareza dos objetivos</li> <li>• <i>Feedback</i></li> <li>• Imersão</li> <li>• Interação social</li> </ul>	Jogos de maneira geral	Likert (1 a 7 e N/A, quando não se aplica)
<i>EGameFlow</i> <sup>***</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração</li> <li>• Desafios</li> <li>• Autonomia</li> <li>• Clareza dos objetivos</li> <li>• <i>Feedback</i></li> <li>• Imersão</li> <li>• Interação social</li> <li>• Melhoria do conhecimento</li> </ul>	Jogos educacionais	Likert (1 a 7 e N/A, quando não se aplica)
<i>UsaECG</i> <sup>****</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface</li> <li>• Elemento Educacional</li> <li>• Conteúdo</li> <li>• Jogabilidade</li> <li>• Multimídia</li> </ul>	Jogos educacionais	Pontuação de 0 a 4, onde 0 representa que nenhum problema foi encontrado e 4 um problema grave

<sup>\*</sup> Leacock e Nesbit (2007); <sup>\*\*</sup> Sweetser e Wyeth (2006); <sup>\*\*\*</sup> Fu, Su e Yu. (2009); <sup>\*\*\*\*</sup> Mohamed, Yusoff e Jaafar (2012)

Fonte: elaborada pelo autor.

## 2.12 Considerações finais sobre o capítulo

Como pode ser visto ao longo do capítulo, este teve como principal objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a área de jogos eletrônicos, suas aplicações no meio acadêmico, os processos, etapas e metodologias envolvidas no desenvolvimento e como classificar e avaliar os jogos eletrônicos. O próximo capítulo, Motores Gráficos, apresenta uma visão geral sobre as principais *engines* utilizadas no desenvolvimento de jogos eletrônicos, suas principais características e a escolha do autor para a condução desta pesquisa.

Informações adicionais sobre processos, metodologias e outros assuntos abordados neste capítulo podem ser obtidas em Rocha (2014), Somerville (2011), Pressman (1995), Ferreira (2013), Wolf (2002), Azevedo (2005), Clua e Bittencourt (2005) e Ince (2006).

### 3 MOTORES GRÁFICOS

Após uma discussão sobre jogos, jogos na educação, processos, metodologias e outros assuntos abordados no capítulo anterior, este tem como objetivo apresentar as principais *Game Engines* (GE) utilizadas para o desenvolvimento de jogos eletrônicos, suas características, recursos e componentes. *Game engines* são ambientes de desenvolvimento que possuem um vasto conjunto de bibliotecas utilizadas para criar um jogo. Essas contemplam recursos gráficos 2D/3D, detectores de colisão, animações, inteligência artificial, física, sistemas de partículas, entre outros recursos que são facilmente implementados durante a fase de desenvolvimento. Em resumo, GE é um ambiente completo para o desenvolvimento de jogos digitais.

#### 3.1 Criação de um jogo – *Game Engine*

Desenvolver um jogo não é uma tarefa simples. Estes são ambientes complexos e altamente interdisciplinares que, segundo Pereira (2016b), envolvem diversas áreas do conhecimento, como filosofia, semiótica, psicologia, ciências da computação, antropologia, programação, ciências cognitivas, publicidade, crítica literária, animação, computação gráfica, narratologia, educação, engenharia elétrica, telecomunicações, artes, comunicação, *design*, *marketing*.

No passado, os jogos eram desenvolvidos em linguagem singulares e projetados como uma entidade única, não havendo separação entre a parte de códigos e as áreas gráficas, de física, de inteligência, entre outras. Essa integração era indispensável devido aos escassos recursos computacionais presentes na era de *videogames* como Atari e Odyssey.

Nos anos 90, uma nova forma de desenvolvimento de jogos surgiu com o lançamento dos jogos de tiro tridimensionais em primeira pessoa. Essa nova forma foi denominada de *Game Engine* ou motor de jogo, que é um programa de computador composto por um conjunto de bibliotecas, funções e ferramentas que simplificam e abstraem o processo de desenvolvimento. Jogos como *Doom* e *Quake* foram os primeiros a utilizar essa tecnologia. Ambos foram desenvolvidos pela empresa *id Software*, a qual separou as funcionalidades do núcleo do jogo (renderização, física, colisão) dos componentes visuais (cenários, níveis, experiência do jogador, etc). A



esta separação, a *id Software* chamou de *Doom Engine*. Após o lançamento do *Doom*, diversos desenvolvedores começaram a utilizar este modelo para criar seus próprios jogos, cenários para jogos existentes, ou criar suas próprias *engines*, que com o passar dos anos, foram se multiplicando e sendo utilizadas para diversos fins, entre eles, ambientes de simulação, treinamento, arquitetura, educação, animação, etc. Uma consulta recente ao site *devmaster.net*, uma comunidade voltada ao desenvolvimento de jogos, listou 376 *engines* disponíveis no mercado, que vão desde simples ambientes 2D destinados à criação de jogos para a web até ambientes complexos, como o Unreal, utilizado no desenvolvimento de jogos da série BATMAN ARKHAM (Asylum, City, Origins, Knight), este último lançado em 2015.

### **3.2 Escolha da *Game Engine***

Com tantas *engines* disponíveis no mercado, escolher uma é tarefa complexa. Além dos aspectos técnicos, critérios como natureza do projeto, o tempo e recursos disponíveis, tamanho e experiência da equipe, entre outros devem ser considerados. Seguindo esses preceitos, os próximos subitens apresentam as principais características e recursos disponíveis em grande parte das *engines* e um comparativo envolvendo nove GE, que serviu como base para a escolha da utilizada neste projeto.

#### *3.2.1 Principais características e recursos*

Com a imensa quantidade de GEs disponíveis no mercado, o processo de escolha de uma não é uma tarefa simples e deve envolver diversos critérios. Vários autores apresentam critérios que podem auxiliar no processo de escolha, entre eles, Rocha, Rocha e Araújo (2010), que realizaram um estudo comparando algumas *engines* disponíveis no mercado com base em quatro grupos pré-definidos: i) características gráficas; ii) características não-gráficas; iii) desenvolvimento; iv) *background features*, que no caso do estudo leva em consideração características como maturidade do motor, força de trabalho, documentação, entre outros. O trabalho não apresenta qual a melhor *engine* e os autores concluem que o mesmo serve para mostrar as principais características de cada motor e que a escolha deve ser de pontuada no tipo de projeto a ser executado.

Silva e Silva (2012) realizaram outro estudo comparando GEs, porém, este estudo foi focado em tecnologias voltadas para a construção de mundos virtuais. Seguindo uma metodologia similar ao primeiro estudo, alguns critérios de avaliação foram elencados e as *engines* comparadas sob esses critérios. Os autores concluíram que para o objetivo proposto, a Unity3D se mostrou como a alternativa mais adequada.

Petridis *et al.* (2010) propuseram uma metodologia para comparação de quatro motores gráficos (Quest3D, Blender Engine, Unreal Engine e Unity Engine) baseada em critérios e subcritérios. Os critérios avaliados são fidelidades funcionais e audiovisuais, acessibilidade, rede, composição, heterogeneidade e acessibilidade. Dentre os subcritérios, características como textura, animação, física, inteligência artificial, entre outros, foram consideradas. Os autores apontaram a *Unreal Engine* como vencedora do comparativo.

Neste trabalho, a fim de definir a melhor GE para o desenvolvimento da ferramenta proposta, alguns critérios e subcritérios foram definidos, seguindo a metodologia proposta por Petridis *et al.* (2010). Os critérios e subcritérios utilizados neste comparativo foram:

- **Acessibilidade**
  - Preço
  - Tipo de Licença
- **Heterogenidade**
  - Tipo de plataforma: Windows, Linux ou MAC-OS
- **Fidelidade Audio-Visual**
  - Lentes
  - Sistema de partículas
  - Motion blur
  - Suporte a céu
  - Suporte a água
  - Suporte a espelhos
  - Suporte a sons
  - Renderização de terrenos
  - Suporte a DirectX
  - Suporte a OpenGL
- **Rede**

- Suporte à tecnologia Cliente/Servidor
- **Fidelidade Funcional**
  - GE nativa para jogos
  - Detecção de colisão
  - Rigidez de corpos
  - Suporte a banco de dados (MySQL)

Os subcritérios foram avaliados em “Sim/Não/nd”, exceção apenas à categoria Acessibilidade. A classificação “Sim” foi utilizada quando o recurso está presente na *engine*. A classificação “Não” quando não está presente e o “nd” – não disponível” – quando não há informações claras sobre o recurso. As informações foram obtidas nos *sites* dos mantenedores de cada GE, em fóruns mantidos por grupos de desenvolvedores, em manuais e no *site* devmaster. Os dados foram coletados em Agosto/2016.

Para este comparativo foram selecionadas as seguintes *engines*: i) Unity3D; ii) Unreal; iii) CryEngine; iv) DX Studio; v) Irrlicht; vi) OGRE3D; vii) Panda3D; viii) Torque3D; ix) NeoAxis 3D. Como critério de seleção, todas deveriam permitir a criação de ambientes tridimensionais. Os resultados do comparativo são apresentados a seguir, por categorias supracitadas.

### 3.2.2 Acessibilidade

A categoria acessibilidade apresenta como as GEs são licenciadas e os valores cobrados para a sua utilização. A Tabela 4 apresenta os resultados da categoria Acessibilidade.

Tabela 4: Critério Acessibilidade.

	Preço	Tipo de Licença
<i>Unity3D</i>	Proprietária	Proprietária
<i>Unreal</i>	Royalties	Proprietária
<i>CryEngine</i>	Gratuita	Proprietária
<i>DX Studio</i>	Gratuita	Nd
<i>Irrlicht</i>	Gratuita	ZLIB
<i>OGRE</i>	Gratuita	MIT
<i>Panda3D</i>	Gratuita	BSD
<i>Torque3D</i>	Gratuita	MIT
<i>NeoAxis 3D</i>	Gratuita	Nd

Fonte: elaborada pelo autor.

A Unity3D possui uma versão gratuita, porém, de acordo com a sua política de licenciamento, essa versão não pode ser utilizada por instituições com orçamento anual superior a US\$ 100.000,00. Essa restrição impede que o sistema seja desenvolvido nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes (IFSULDEMINAS), local onde este estudo foi realizado.

A Unreal trabalha no modelo de *royalties*, porém, de acordo com o seu sistema de licenciamento, essa taxa só é cobrada quando o faturamento com a venda do jogo desenvolvido ultrapassa US\$ 3.000,00 por trimestre. Como o jogo desenvolvido será distribuído de forma gratuita, não haverá taxas de *royalties*. As demais *engines* comparadas são gratuitas.

Ao analisar os tipos de licenciamento, as *engines* Unity3D, Unreal e CryEngine possuem licenças proprietárias, ou seja, o *software* pode ser utilizado de acordo com as regras definidas em seus respectivos *Engine End User License Agreement* (EULA). Os motores Dx Studio e NeoAxis 3D não possuem informações claras a respeito do tipo de licenciamento de seus produtos. As demais *engines* são gratuitas, que permitem basicamente o uso irrestrito de suas ferramentas e distribuição.

### 3.2.3 Heterogeneidade

A categoria heterogeneidade apresenta a compatibilidade das *engines* com os principais sistemas operacionais do mercado. Levando-se em consideração que as instituições públicas não podem adquirir *softwares* proprietários sem justificativa e que a maior parte dos computadores dentro dessas instituições utilizam os sistemas Linux ou Windows, buscar uma ferramenta que seja compatível com esses sistemas é uma boa alternativa, porém, não a determinante. A Tabela 5 apresenta a compatibilidade das *engines* elencadas nesse estudo com os principais sistemas operacionais presentes no mercado.

Ao analisar os resultados apresentados, todas as ferramentas possuem versões para Windows. Para o sistema Linux, apenas as *engines* Unity3D, CryEngine, Irrlicht e Panda3D possuem versões disponíveis. No sistema operacional da Apple – Mac-OS – Unity3D, Unreal, Irrlicht, OGRE e NeoAxis possuem versões disponíveis.

Somente a Unity3D e a Irrlicht possuem versões de seus sistemas para Windows, Linux e Mac-OS.

Tabela 5: Compatibilidade das *engines* com os sistemas operacionais.

	Windows	Linux	Mac-OS
<i>Unity3D</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Unreal</i>	Sim	Não	Sim
<i>CryEngine</i>	Sim	Sim	Não
<i>DX Studio</i>	Sim	Não	Não
<i>Irrlicht</i>	Sim	Sim	Sim
<i>OGRE</i>	Sim	Não	Sim
<i>Panda3D</i>	Sim	Sim	Não
<i>Torque3D</i>	Sim	Não	Não
<i>NeoAxis 3D</i>	Sim	Não	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 3.2.4 Fidelidade audiovisual

A categoria fidelidade audiovisual apresenta os principais recursos e tecnologias audiovisuais de cada GE que podem ser utilizados no desenvolvimento de jogos. Esses recursos vão desde tecnologias utilizadas na renderização de imagens até materiais que simulam ambientes reais, como céu, água, espelhos, entre outros. A interação desses recursos possibilita a criação de ambientes multimídia, que segundo Machado *et al.* (2011a) prendem a atenção dos alunos facilitando a absorção do conhecimento. Na análise da Fidelidade audiovisual, os seguintes itens foram avaliados:

- **Lens flare:** é um efeito causado devido à dispersão da luz que passa por uma lente através das suas extremidades. Esse efeito causa manchas hexagonais e circulares que podem diminuir o contraste final de uma imagem. A Figura 14 apresenta esse efeito;

Figura 14: Efeito *lens flare*.



Fonte: [www.psdgraphics.com](http://www.psdgraphics.com) [S.l.].

- **Sistema de Partículas:** é uma técnica utilizada em computação gráfica para simular fenômenos que são difíceis de serem produzidos por técnicas convencionais de processamentos. Enquadram-se nesses fenômenos incêndios, faíscas, explosões, fumaças, quedas d'água, entre outros. A Figura 15 apresenta um sistema de partículas que simula explosões;

Figura 15: Sistema de partículas simulando um incêndio.



Fonte: [www.pluralsight.com](http://www.pluralsight.com) [S.I.].

- **Motion blur:** é a distorção de uma imagem causado por um movimento rápido. Normalmente, são visualizadas “estrias” na imagem. Em outras situações, a imagem aparece borrada ou desfocada. A Figura 16 apresenta exemplos de imagens afetadas pelo efeito *motion blur*;

Figura 16: Efeito *motion blur*.



Fonte: [www.psdgraphics.com](http://www.psdgraphics.com) [S.I.].

- **Sky:** capacidade da *engine* em reproduzir ambientes dinâmicos que representam o céu, incluindo movimentação de nuvens, estrelas, sol e lua;
- **Mirror:** capacidade da *engine* em simular espelhos e superfícies refletivas;
- **Sound:** capacidade da *engine* em reproduzir sons;
- **Terrain Rendering:** é a capacidade da *engine* em criar cenários que representam o mundo real. Uma das mais utilizadas é a representação da superfície terrestre em ambientes de jogos. Esse recurso permite a otimização

de paisagens em tempo de execução, tornando o jogo mais eficiente em uso de recursos computacionais;

- **DirectX:** é um conjunto de *Application Programming Interfaces* (APIs) projetadas especialmente para ambientes de computação gráfica que padroniza a comunicação entre o *software* e o *hardware*. O *DirectX* é projetado para uso exclusivo em sistemas operacionais da Microsoft (Windows);
- **OpenGL:** similar ao *DirectX*, o *OpenGL* é um conjunto de APIs com a finalidade de padronizar a comunicação entre *software* e *hardware*. A grande diferença entre as duas tecnologias está no fato do *OpenGL* ser livre e disponível para a maioria dos sistemas operacionais;

A Tabela 6 apresenta os recursos audiovisuais disponíveis em cada *engine* avaliada. Algumas informações não foram encontradas nos respectivos *sites* mantidos pelas empresas ou fóruns de desenvolvedores.

Tabela 6: Fidelidade audiovisual.

	Lens Flares	Sistema de partículas	Motion Blur	Sky	Mirror	Sound	Terrain Rendering	DirectX	OpenGL
<i>Unity3D</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Unreal</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>CryEngine</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>DX Studio</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Nd	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Irrlicht</i>	Nd	Sim	Nd	Sim	Nd	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>OGRE</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Nd	Sim	Nd	Sim	Sim
<i>Panda3D</i>	Nd	Sim	Sim	Sim	Nd	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Torque3D</i>	Sim	Sim	Nd	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>NeoAxis 3D</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar o recurso *Lens Flares*, as *engines* *Irrlicht* e *Panda3D* não possuem em seus sites informações disponíveis quanto ao suporte ou não ao recurso. As demais *engines* possuem suporte ao recurso. Esse recurso no âmbito do projeto em questão é supra importância, tendo em vista que os efeitos de refração da luz estão dentro do conteúdo de óptica. Todas as GEs avaliadas possuem suporte ao sistema de partículas. *Torque3D* e *Irrlicht* não possuem informações referentes ao recurso *Motion Blur*. O recurso *Sky* está presente em todas, enquanto o recurso *Mirror* está presente nas *engines* *Unity3D*, *Unreal*, *CryEngine*, *Torque3D* e *NeoAxis3D*. As demais GEs não possuem informações claras sobre a existência ou não de suporte ao

recurso. Este item também é essencial no objeto de estudo, tendo em vista que espelhos são um dos principais assuntos abordados em óptica.

O suporte a som está presente em todos os motores gráficos enquanto somente o OGRE não possui informações quanto a presença ou não do recurso de renderização de terrenos.

Na análise das duas tecnologias destinadas à comunicação entre *software* e *hardware* (OpenGL e DirectX), somente a DX Studio não possui suporte ao OpenGL. Todas as demais possuem suporte às duas tecnologias.

### 3.2.5 Rede

Ao analisar o suporte da arquitetura Cliente/Servidor, apenas o OGRE não possui informações sobre este recurso. As demais GEs possuem esse suporte, o que possibilita que jogos colaborativos sejam desenvolvidos. A proposta deste trabalho não se enquadra nessa categoria de jogos.

### 3.2.6 Fidelidade funcional

A categoria fidelidade funcional tem como objetivo analisar a funcionalidade das GEs no suporte à física dos corpos, além de avaliar se são nativas ao desenvolvimento de jogos e se possuem suporte a banco de dados.

A física dos corpos é uma funcionalidade essencial em jogos, principalmente em ambientes 3D, pois permite a detecção de colisões e a simulação de massas e pesos. O suporte a banco de dados é um adicional que pode ser utilizado em JED, o qual permite rastrear todos os movimentos do jogador, técnica essa utilizada por Karlino e Rigo (2014), já anteriormente abordada.

A última funcionalidade analisada foi se a GE é ou não nativa para o desenvolvimento de jogos. Algumas GEs foram projetadas para a criação de ambientes 3D e, com o passar do tempo, incorporaram funcionalidades que as permitem o desenvolvimento de um jogo completo. Uma GE inicialmente pensada para o desenvolvimento de jogos possui ambientes mais amigáveis, além de recursos extras que podem simplificar o processo de criação, não necessitando, por exemplo,



de *plug-ins* externos para a simulação de física dos corpos. A Tabela 7 apresenta a fidelidade funcional das GEs comparadas.

Tabela 7: Fidelidade funcional.

	<b>Detecção de colisão</b>	<b>Rigidez de corpos</b>	<b>Suporte a banco de dados</b>	<b>Nativa de Jogos</b>
<i>Unity3D</i>	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Unreal</i>	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>CryEngine</i>	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>DX Studio</i>	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Irrlicht</i>	Sim	Nd	Nd	Não
<i>OGRE</i>	Nd	Nd	Sim	Não
<i>Panda3D</i>	Nd	Nd	Sim	Sim
<i>Torque3D</i>	Nd	Nd	Sim	Sim
<i>NeoAxis 3D</i>	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar a tabela, é possível perceber que somente as *engines* Unity3D, Unreal, CryEngine, Panda3D e Torque3D são nativas de jogos. As demais, são ambientes 3D que foram adaptados para o desenvolvimento de jogos.

As GEs OGRE, Panda3D e Torque3D não possuem informações sobre a detecção de colisão e rigidez de corpos, essa última funcionalidade também não informada na *engine* Irrlicht. A Irrlicht também não possui informações sobre o suporte a banco de dados.

### 3.3 Escolha da *engine*

Após analisar todos os resultados supracitados, Unity3D, Unreal e CryEngine são ferramentas com recursos bem similares e que se apresentam como as melhores escolhas para o desenvolvimento deste projeto. Se apenas o critério licenciamento for considerado, a CryEngine é a vencedora, pois além de ser gratuita, é livre de *royalties*. A Unreal também é gratuita, mas possui sistema de taxação de acordo com o volume de vendas trimestral obtido pelo jogo desenvolvido. Já a Unity3D, possui uma versão gratuita, porém, existem restrições de orçamento que a impedem de ser utilizada em instituições com orçamentos superiores a US\$ 100.000,00. Além disso, sua versão educacional não permite a publicação e distribuição do jogo desenvolvido. Porém, utilizar apenas este critério como objeto de escolha pode implicar em gastos oriundos de outras naturezas, como treinamentos.

Além disso, os critérios utilizados na comparação não permeiam a experiência da equipe de desenvolvimento, fator crucial em qualquer projeto de *software*. Por esse motivo, optou-se neste projeto pela utilização da Unreal como GE para o desenvolvimento do projeto. Além da equipe envolvida possuir experiência no ambiente, seu custo refere-se apenas aos *royalties* provindos da possível venda do JED desenvolvido. Como este será distribuído inicialmente de forma gratuita, essas taxas serão inexistentes.

### **3.4 Considerações finais sobre o capítulo**

Este capítulo abordou os principais motores gráficos disponíveis para o desenvolvimento de jogos eletrônicos e suas principais características. Por meio da comparação com base em critérios e subcritérios estabelecidos na literatura, a *Unreal Engine* foi escolhida como ambiente de desenvolvimento do JED proposto.

O próximo capítulo, Desenvolvimento do Leo3D, aborda todo processo de criação do JED proposto, desde a etapa conceitual, no qual os conteúdos e a forma foram definidos até o conjunto de ferramentas utilizadas no processo.

## **4 DESENVOLVIMENTO DO LEO3D**

Após a definição do ambiente de desenvolvimento, *Unreal Engine*, este capítulo apresenta as principais etapas realizadas para a criação do JED proposto. Este foi denominado Leo3D e, posteriormente, será apresentada a explicação para a escolha do nome. Além das etapas envolvidas na construção do Leo3D, são apresentadas também as ferramentas computacionais extras utilizadas e os recursos que foram adquiridos para a conclusão do projeto.

Apesar do caráter explicativo deste capítulo, o mesmo não possui a finalidade de ensinar programação ou como conduzir o projeto de um. Este capítulo descreve apenas as etapas que foram seguidas e podem servir de apoio para novos projetos com a mesma natureza.

### **4.1 Escolha do conteúdo**

O processo de criação do Leo3D iniciou-se com a definição da área e conteúdo a serem abordados. A escolha pela área de física levou em consideração apontamentos presentes na literatura (HARRES, 1993; AGUIAR, 2009) que indicam a disciplina como de difícil compreensão e a pré-disposição dos professores da área do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes – em participar do projeto. A opção por OG ampara-se em vários quesitos, entre eles: i) conteúdo abordado quase que exclusivamente no 2º ano do EM, que remete a qualquer conhecimento prévio sobre o assunto estar associado às concepções alternativas; ii) conteúdo quase sempre estudado por meio de desenhos e figuras planas que exigem um alto grau de abstração por parte dos alunos; iii) conteúdo com potencial para ser explorado por meio de ferramentas digitais.

A escolha de um conteúdo “inédito” aos alunos facilita o processo de validação dos efetivos ganhos proporcionados pela ferramenta desenvolvida, à medida que a condução do experimento, que será visualizada posteriormente, inclui o uso dela integrada à prática docente.

## 4.2 Definição do tipo de jogo

Com a área e o conteúdo definidos, a próxima etapa foi a definição do tipo de jogo a ser construído. Apesar do Leo3D não ser um ambiente exclusivo de entretenimento, ele possui características e fases jogáveis que remetem a um jogo digital e, por isso, ele pode ser considerado como sendo um jogo. Por uma questão didática e funcional, a partir deste momento, o termo “jogo” será utilizado como referência a esta ferramenta.

Como visto no subitem 2.10, não existe um padrão para o processo de definição do tipo de jogo, porém, neste projeto optou-se pela taxonomia de gêneros proposta por Ferreira (2013), na qual um jogo deve ser classificado com base em vários fatores. A escolha por esse modelo de classificação apoia-se na retórica apresentada pelo autor, na qual se apenas um critério for utilizado, o jogo pode apresentar duas classificações distintas. Seguindo a proposta de taxonomia de gêneros, a Tabela 8 apresenta a classificação do Leo3D de acordo com Ferreira (2013).

Tabela 8: Classificação do jogo proposto de acordo com Ferreira (2013).

Conteúdo	Forma	Gameplay	Propósito	Desenvolvimento e Produção
Óptica Geométrica	Tridimensional com gráficos realistas	Terceira pessoa / Primeira pessoa	Educacional	<i>Indie Game Completo</i>

Fonte: elaborada pelo autor.

Mesmo seguindo essa metodologia, percebe-se ainda a falta de um gênero bem definido. O conteúdo, a forma, o *gameplay*, o propósito e o desenvolvimento/produção nos fornecem uma visão geral do tipo de jogo, porém, não o classifica em absoluto. Na opinião do autor desta pesquisa, falta ainda o gênero propriamente dito. Neste caso, este pesquisador sugere ainda uma nova variável nas proposições de Ferreira (2013), que é o gênero, seguindo as definições de Azevedo (2005). Dessa forma, o jogo aqui proposto é classificado como: **Indie Game completo educacional de ação em terceira pessoa com gráficos tridimensionais**, no qual a “ação” remete ao gênero propriamente dito.

Apesar do jogo permitir que o usuário, em alguns momentos, alterne o modo de visão entre primeira/terceira pessoa, o *gameplay* nativo é terceira pessoa, por isso, a definição de “ação em terceira pessoa”, o que remete automaticamente a gráficos tridimensionais, principal característica desse *gameplay*. O enquadramento em IG baseia-se na estrutura de desenvolvimento que não engloba recursos financeiros,

uma equipe pequena e distribuição por meios alternativos, como CDs e *site* do pesquisador. O caráter educacional está diretamente alinhado aos objetivos da pesquisa e apoiado nos conteúdos presentes no jogo, neste caso, OG.

### 4.3 Escolha da metodologia e do processo de desenvolvimento

Com as etapas acima concluídas, o próximo passo foi a escolha da metodologia a ser empregada no desenvolvimento do Leo3D. Com foco no fator pedagógico, buscou-se uma que permitisse integrar diversos atores no processo, entre eles, professores, alunos, setor pedagógico do campus e o próprio programador. Na opinião/experiência do autor desta pesquisa, a aceitação de um novo *software* torna-se mais fácil quando seus utilizadores participam de todo o processo, pois gera a expectativa de um produto do qual ele criou, ele fez parte. Adicionalmente à integração da equipe, a metodologia deveria apresentar resultados positivos da sua utilização na concepção de JS.

O DevJSTA mostrou-se como uma das mais completas para esse processo, porém, não foi escolhida tendo em vista que o objeto de estudo não é um JSTA e sim um jogo educacional voltado ao ensino com áreas bem definidas: i) LDVs que apresentam os conteúdos de forma lúdica; e ii) JE que colocam em prática os conteúdos estudados. Optou-se então pela utilização do DP, apresentado no subitem 2.8, pois mostrou-se adequado ao propósito do trabalho e tem como premissa a integração da equipe. Além disso, essa metodologia obteve resultados positivos no estudo conduzido por Oliveira, Hounsell e Gasparini (2016).

Definida a metodologia, buscou-se identificar qual o melhor processo para sua aplicação. Dentre os apresentados por Sommerville (2011), o modelo incremental mostrou-se como o mais viável, pois permitia que toda nova implementação fosse apresentada à equipe. Esta avaliava os conceitos abordados e o *gameplay* do jogo em busca de erros, além de sugerir melhorias que pudessem contribuir para o refinamento da aplicação. Adicionalmente, o modelo incremental é o que mais se adequa ao tamanho da equipe e ao escopo do projeto.

Com todas as definições previamente concluídas, deu-se início ao desenvolvimento propriamente dito do Leo3D, seguindo algumas etapas descritas no subitem 2.9.

## 4.4 Etapas de desenvolvimento

Como abordado no início deste capítulo, este tópico não tem como intenção ensinar programação, ensinar a utilizar a *Unreal Engine* ou quais etapas devem ser seguidas para desenvolver um JED e sim apresentar as principais etapas executadas neste projeto.

As ideias aqui presentes estão alinhadas com os itens abordados no subitem 2.9, porém, elas podem em alguns momentos parecer desconectadas umas das outras. Isto deve-se ao fato que o processo de desenvolvimento não seguiu necessariamente uma linha linear, principalmente devido ao caráter participativo adotado como metodologia de desenvolvimento. Vale ressaltar que o processo de criação de um jogo é algo extremamente complexo e que normalmente envolve diversos atores, entre eles, gerentes de projetos, programadores, desenhistas, engenheiros de som, etc. Quando os jogos possuem características comerciais, incluem-se ainda gerentes comerciais e equipe de *marketing*, que serão responsáveis pela comercialização do produto final.

Apesar do DP utilizado neste projeto, grande parte do trabalho de desenvolvimento, que engloba não só a codificação mas também a criação e edição de recursos audiovisuais (modelagem 3D, *interfaces* gráficas, cenários, entre outros), foi realizado única e exclusivamente pelo autor deste trabalho. Este fato não inviabilizou a aplicação do DP. As equipes envolvidas – professores, pedagogos e alunos – participaram efetivamente da avaliação à medida que novas implementações eram apresentadas. Essa particularidade deve-se ao fato do conhecimento técnico imprescindível para o desenvolvimento de um jogo. Cenário parecido foi vivenciado por Lealdino Filho (2014) durante o processo de desenvolvimento do jogo “As Aventuras de Simon Bile”.

### 4.4.1 Etapa conceitual

Seguindo as premissas apresentadas no subitem 2, a motivação para desenvolvimento do jogo partiu inicialmente do pesquisador e, posteriormente, da equipe de professores e pedagogos envolvidos no processo de DP. Esta etapa foi subdividida em três fases distintas. A primeira, já abordada anteriormente, envolveu a

escolha do conteúdo. Como visto, este foi definido de acordo com dados presentes na literatura e pelos professores de física do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Além de possuir grande potencial para a área de jogos, o Campus Inconfidentes é carente de laboratórios de física e/ou artefatos que possam ser utilizados no ensino de OG.

Ainda na primeira fase, teve-se a definição dos conteúdos de OG que seriam abordados e como estes seriam abordados. Como o conteúdo de óptica é extenso, um recorte foi realizado para se adequar às limitações técnicas apresentadas pela *engine* e ao tempo destinado ao desenvolvimento deste projeto. Entre essas limitações podemos citar a falta de recursos referentes à projeção de imagens e a limitação dos tipos de reflexos que podem ser exibidos. Por essas razões, os seguintes conteúdos foram selecionados: i) introdução, que apresenta os conceitos básicos sobre propagação da luz e formação de sombras; ii) reflexão da luz; iii) refração da luz; iv) dispersão da luz; v) espelhos planos e esféricos.

Com os conteúdos definidos, buscou-se a melhor maneira de apresentá-los aos alunos, ou seja, qual a estratégia seria utilizada para que os alunos aprendessem com o sistema. Segundo Matsunaga, Bispo e Borges (2013), essa é uma etapa essencial e uma das primeiras a serem definidas.

Neste projeto em específico, utilizou-se os preceitos da aprendizagem significativa no qual o novo conceito ancora em subsunçores já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa forma, os LDVs foram pensados e modelados utilizando objetos presentes no dia-a-dia – espelhos, lanternas, cubos, entre outros – apresentando situações presentes no mundo real que possibilitam ao estudante interações conduzindo a uma aprendizagem ativa, construtiva, cooperativa, autêntica e intencional.

Após concluída a primeira fase, a segunda consistiu na configuração do *gameplay* do jogo. Essa foi realizada exclusivamente pelo pesquisador/desenvolvedor. Optou-se por um jogo em terceira pessoa após consulta aos alunos do EM, que apontaram estar mais acostumados a jogos neste estilo, citando, *Grand Theft Auto* (GTA) e *Max Payne*. Jogos em primeira pessoa, como

*Counter Strike* e *Call of Duty* também foram listados e, por esse motivo, foi adicionado em algumas fases do jogo a opção de alternância entre primeira/terceira pessoa.

A última fase da etapa conceitual consistiu na forma como os conteúdos seriam abordados dentro do jogo. A maioria dos JED presentes na literatura ou disponíveis para utilização por meio de *sítes* ou mídias digitais incluem apenas as fases jogáveis, apresentando o conteúdo de forma intrínseca. Em jogos voltados à área de humanas, por exemplo, o Tríade, essa junção é fácil de ser realizada e compreendida pelos alunos, pois o conteúdo mescla-se à história do jogo. No caso de um conteúdo como o de OG, isto torna-se algo complexo de ser realizado, principalmente pelo fato de que os entendimentos cruciais necessitam de conceitos e teorias pré-concebidas.

Um exemplo fácil de ser visualizado é o fenômeno de refração da luz. Aplicá-lo de forma lúdica sem o aporte teórico por trás pode implicar em um entendimento equivocado do fenômeno. A maioria dos exemplos sobre este assunto retrata um índio pescando um peixe. Está corretíssimo, porém, nem sempre a imagem do peixe estará acima da posição real. Se o líquido onde o peixe estiver imerso possuir um índice de refração menor do que o do ar, hipoteticamente falando, a imagem do peixe estaria abaixo da posição real. Por esse motivo, o aporte teórico é fundamental em conteúdos dessa natureza na área.

Pensando nisso, o jogo proposto foi subdividido em duas partes distintas. A primeira, denominada de LDVs, não apresenta fases jogáveis e sim ambientes nos quais os principais conteúdos de OG são visualizados e estudados em tempo real através da interação do usuário com objetos presentes no cenário. A segunda, fases jogáveis, proporciona ao jogador um ambiente de entretenimento de ação, no qual os conhecimentos em OG são fundamentais para superar os desafios propostos. Esta segunda parte pode ser realmente considerada um jogo.

#### 4.4.2 *Definição do nome e logotipo do jogo*

Após concluída a etapa conceitual, partiu-se para a definição do nome e logotipo. Segundo Azevedo (2005), a definição do nome é uma tarefa complicadíssima e sua originalidade e sonoridade são fundamentais, pois elas serão a identidade do produto. O autor ainda complementa que tanto a leitura quanto a pronúncia não podem causar estranhamento ao público-alvo.



Pensando nisso, o jogo desenvolvido recebeu o nome de Leo3D, no qual “Leo” é o acrônimo de “Laboratório de Ensino de Óptica” e “3D” representa a forma como os conteúdos são abordados – tridimensionalmente. Ao ser apresentado aos alunos e à equipe de DP, o nome foi facilmente assimilado, não provocando estranheza e sendo rapidamente memorizado pelos usuários.

Com o nome definido, deu-se início à criação do logotipo. Como premissa, o logotipo deveria remeter ao nome do jogo e fazer associação ao conteúdo que ele explora, neste caso, OG. Ao escrever a palavra Leo, observou-se que a letra “o” poderia ser explorada de alguma forma. Pensou-se inicialmente em transformá-la em um espelho plano, porém, o disco de Newton se enquadrava perfeitamente no formato da letra. Apesar dele não estar diretamente associado à OG, ele tem sido utilizado para explicar o mecanismo de percepção espectral da luz (SILVEIRA; BARTHEM, 2016). Inclui-se também no logotipo a sigla 3D, que faz associação ao tipo de ambiente no qual os laboratórios e as fases jogáveis foram construídos, além do significado da palavra Leo – Laboratório de Ensino de Óptica.

Por último, um retângulo de cantos arredondados foi adicionado para que o mesmo se sobressaísse em qualquer tipo de cor de fundo. A Figura 17 apresenta o logotipo criado em dois fundos de cores distintas.

Figura 17: logotipo do Leo3D em fundo branco e fundo preto.



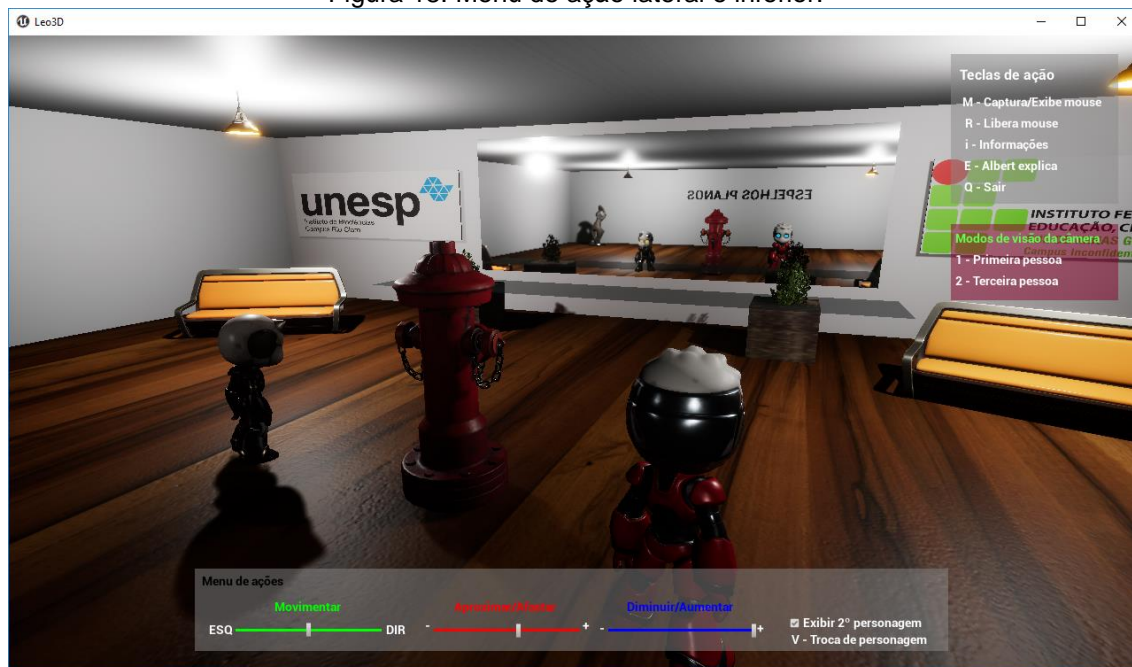
Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.4.3 Mecânica do jogo

Encerradas as duas primeiras etapas, deu-se início ao processo de concepção da mecânica do jogo. Partindo da premissa de ser em terceira pessoa, optou-se por manter a mecânica básica desse tipo de jogo, com a movimentação do personagem feita por comandos no teclado e mouse. Adicionalmente, *menus* de ações foram pensados para possibilitar a interação do usuário com objetos presentes no cenário. Esses foram posicionados na parte inferior da tela de modo a não prejudicar a

visualização do ambiente. *Menus* adicionais indicando teclas de atalho também compõem o cenário e foram dispostos na lateral direita da tela. A Figura 18 apresenta os *menus* de ações supracitados e um dos cenários presentes no Leo3D.

Figura 18: Menu de ação lateral e inferior.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

#### 4.4.4 Enredo do jogo

Para tornar o Leo3D mais próximo aos jogos encontrados na indústria de entretenimento, um enredo foi criado. Este mistura ficção com fatos reais, apresentando o vilão e os objetivos a serem concluídos. A história se passa no ano de 2016, após o alinhamento planetário (fato real). Este alinhamento provocou uma explosão cósmica de energia que libertou Hades, Deus do Submundo (ficção). Ao ser libertado, Hades capturou Hélios, Deus do Sol, fazendo assim com que a principal fonte de calor que mantém a vida na Terra, o Sol, deixasse de brilhar. Sem o Sol, a vida na Terra está com os dias contados. Enquanto os outros deuses buscam meios para libertar Hades, o jogador tem como missão coletar esferas de energia que irão manter a vida na Terra.

O enredo do jogo é apresentado por meio de um vídeo, que tem duração de aproximadamente um minuto. Para aumentar a imersão provocada pelo enredo e tornar o jogador membro da história, ele é convidado a digitar seu nome que o acompanhará em todas as fases. Tornar o jogador parte do enredo é uma das

premissas apresentadas por Azevedo (2005) que deve ser considerada na criação da história de um jogo.

Com o enredo construído, iniciou-se o processo de criação dos cenários, os quais foram divididos em dois grupos: i) LDVs; ii) fases jogáveis. Os cenários presentes nos LDVs não se alinham ao enredo do jogo e buscam, de forma simplória, espelhar ambientes reais nos quais fenômenos de OG podem ser visualizados. Já os cenários presentes nas fases jogáveis conectam-se ao enredo do jogo, por exemplo, o da primeira fase, no qual o ambiente está escuro e envolto por uma áurea de iluminação na cor vermelha, remetendo a uma possível ausência do sol. Os próximos subitens exploram cada um dos grupos supracitados.

#### 4.4.5 Criação dos cenários dos laboratórios didáticos virtuais

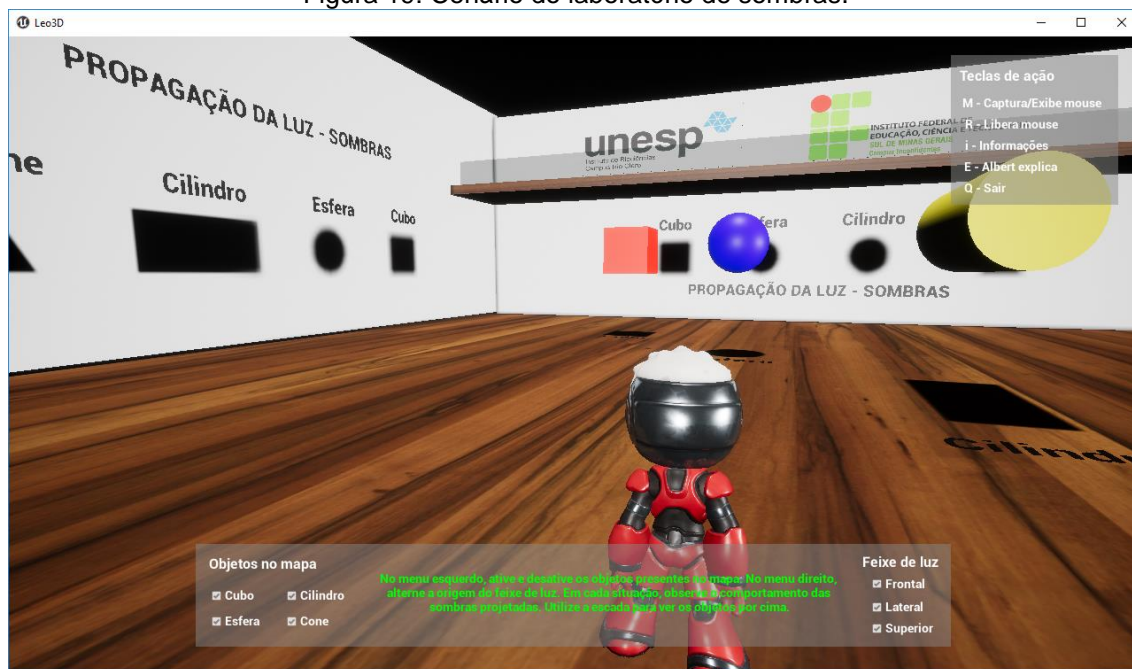
Como visto anteriormente, os cenários dos LDVs foram pensados de forma a espelhar um laboratório real, o que remete aos princípios da aprendizagem significativa. Mesmo assim, esses laboratórios tiveram seus objetos simplificados e sem a preocupação com escalas. Isso deve-se ao fato que o Leo3D não é uma simulação realística do tipo *Flight Simulator*, que tem como premissa levar ao jogador um ambiente virtual de simulação, nesse caso, de voo. Ao todo, 11 laboratórios foram criados, sendo 10 destes em ambientes fechados (salas) e um em ambiente aberto (pátio de uma universidade).

Todos os objetos presentes nos cenários foram criados utilizando *software* de modelagem 3D ou a partir da composição de objetos presentes na própria Unreal Engine. Todos foram dispostos de forma a permitir uma melhor visualização dos conceitos que estavam sendo abordados. A Figura 19 apresenta um dos cenários construídos e os elementos presentes nele.

Ao analisar a imagem, é possível visualizar um ambiente no qual objetos tridimensionais (cubo, esfera, cilindro e cone) são apresentados e iluminados por fontes distintas de luz. Devido ao caráter não realístico, observa-se que os objetos estão flutuando no ar, sem nenhum tipo de amparo. Isso foi necessário, pois a finalidade do laboratório é mostrar como as sombras são formadas, e qualquer anteparo para prender os objetos influenciaria na formação da sombra. As cores nos objetos servem para diferenciar as áreas que recebem luz das áreas que não

recebem. Quando uma área de um objeto não recebe luz ela fica na cor preta – ausência de luz.

Figura 19: Cenário do laboratório de sombras.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

Preocupações desse tipo permitem ao docente explorar diversos experimentos, alterando o número de objetos presentes no cenário, o tipo de luz e o ponto de vista do jogador, neste caso, personagem. Nesse laboratório em específico, um mezanino foi adicionado permitindo que o usuário suba e visualize por cima os objetos presentes no cenário. Esse tipo de visualização permite a compreensão de como a área iluminada influencia na sombra projetada.

#### 4.4.6 Criação dos cenários das fases jogáveis

Diferentemente dos cenários presentes nos LDVs, as fases do Leo3D foram elaboradas de acordo com o enredo, desafios, entretenimento e apelo visual. Mesmo com essa linha de pensamento, as fases ainda estão bem distantes das encontradas em jogos de entretenimento, que possuem setores específicos destinados à programação visual. Os cenários foram criados em ferramentas de modelagem e com *scripts* de criação de cenários.

A primeira fase, Labirinto das Cores, foi construída no *SketechUP* e importada para a *engine*. Esta foi ajustada em seu fator de escala e texturas foram aplicadas às

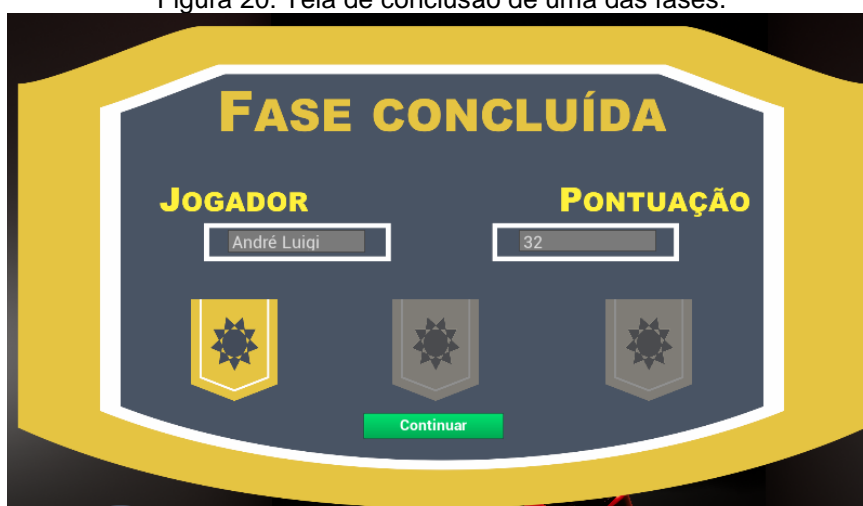
paredes, dando uma aparência real de um labirinto. Além disso, a iluminação foi ajustada de forma a passar a ideia de um local sombrio e gelado. Essa percepção foi confirmada pelos alunos que jogaram a fase, alguns até sentindo em um primeiro momento, uma sensação de medo do desconhecido.

A segunda fase, Portal do Conhecimento, apresenta também um labirinto. Diferentemente do construído na primeira fase, este foi gerado por meio do componente *Layouter Blueprint Level Generator*, que será apresentado posteriormente. Optou-se pela utilização desse componente, pois o mesmo fornece texturas que se espelham em naves ou ambientes tecnológicos, como visto em alguns jogos de entretenimento. Fantasmas, obstáculos rolantes, espelhos e efeitos luminosos foram também adicionados para aumentar o grau de dificuldade.

#### 4.4.7 Sistema de recompensas

Como em qualquer jogo, a progressão do jogador é bonificada em forma de recompensas, que no caso do Leo3D utiliza-se de *badges*. Estes são calculados de acordo com o tempo gasto na conclusão da fase. Quando o jogador termina a fase com um tempo inferior a 60 segundos, ele ganha um *badge*. Se o tempo estiver entre 60 e 90 segundos, dois e acima de 90 segundos, três *badges*. Os testes em laboratório mostraram uma competição saudável entre os usuários (neste caso, estudantes) em busca de concluir os desafios propostos no menor tempo possível. A Figura 20 apresenta a tela de recompensa, com a pontuação obtida e o número de *badges* alcançados.

Figura 20: Tela de conclusão de uma das fases.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

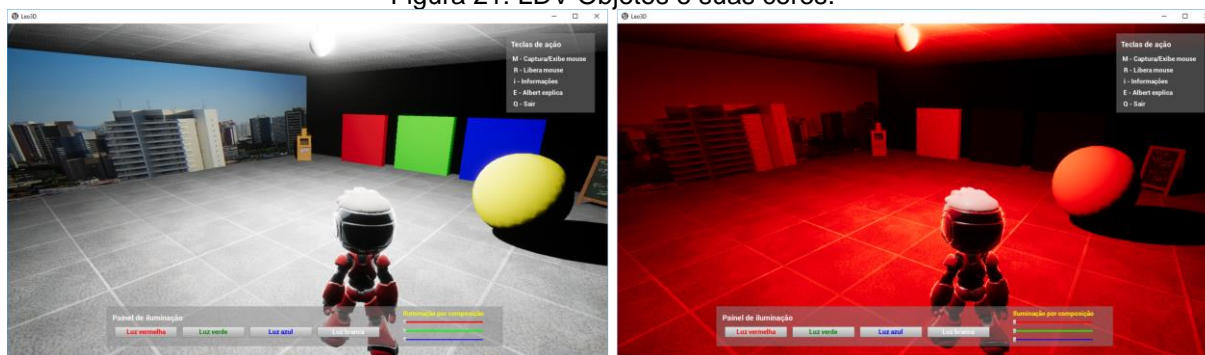
#### 4.4.8 Iluminação dos ambientes

Adicionalmente ao visual dos cenários, preocupações com a iluminação foram essenciais no Leo3D, principalmente pelo fato do mesmo abordar OG. A Unreal Engine possui bons recursos nativos para explorar essa área e basicamente todos foram explorados.

Cada cenário possui um tipo de iluminação específica ou a combinação de duas ou mais. O “Laboratório Relógio Solar”, por exemplo, utiliza-se apenas de uma fonte extensa que simula o sol. Já o “Laboratório de sombras dinâmicas”, utiliza-se de duas fontes, uma pontual e outra extensa. Além disso, cores nas lâmpadas foram utilizadas. A Figura 21 apresenta o “Laboratório objetos e suas cores”.

Neste laboratório, o aluno é instigado a explorar como a cor da luz interfere na cor de visualização de um objeto. O mesmo cenário é visto na imagem da esquerda iluminado por uma lâmpada de cor branca e, na direita, iluminado por uma lâmpada de cor vermelha. Percebe-se nitidamente como alguns objetos perdem sua cor quando a lâmpada é de cor vermelha.

Figura 21: LDV Objetos e suas cores.



Fonte: extraída do JED desenvolvido – Leo3D.

Recursos dessa natureza e outros tipos de interação foram pensados para cada laboratório, de forma a permitir ao docente explicar e exemplificar os principais conceitos e fenômenos de OG.

#### 4.4.9 Avatar

Outra forma de explorar o caráter entretenimento e ampliar a motivação na utilização do jogo é a utilização de avatares (AZEVEDO, 2005). Na religião hindu, Avatar é a manifestação corporal de um ser super poderoso, um ser supremo, imortal.



No cotidiano, avatar tomou uma nova concepção após o lançamento do filme com o mesmo nome em 2009, dirigido por James Cameron. Nele, o termo refere-se a corpos criados por cientistas e utilizados por seres humanos para interagir com os nativos de Pandora.

Nos dias atuais, essa referência é utilizada em diversos *sites*, redes sociais, consoles de *games* e outras mídias de comunicação nos quais o usuário cria um personagem que irá representá-lo. A própria *Microsoft* utiliza deste recurso em suas contas de usuário no XBOX Live.

No Leo3D, a escolha pelo termo “avatar” ao invés de “personagem” baseou-se na integração que os alunos do EM possuem com esses tipos de mídias e por ser um termo já consolidado nesta faixa etária. Ao todo, seis opções de avatares estão disponíveis: três do sexo masculino e três do sexo feminino. Cada avatar possui um nome específico e todos foram adquiridos de Pior Oberson, por meio do *Market Place* vinculado à *Unreal Engine*. A Figura 22 apresenta a tela de seleção de avatar com o *Red Diamond* sendo exibido. Os demais personagens na ordem são: *Blue Style*, *Green Flame*, *Pink Charm*, *Fire Girl*, *Yellow Power*. Todos os personagens possuem os mesmos níveis de habilidade e não interferem no desempenho do jogador. A escolha por personagens humanoides foi apontada pelos UFA em uma das reuniões como sendo “*algo legal a ser utilizado*”.

Figura 22: Avatares disponíveis no jogo.



Fonte: extraída do JED desenvolvido – Leo3D.

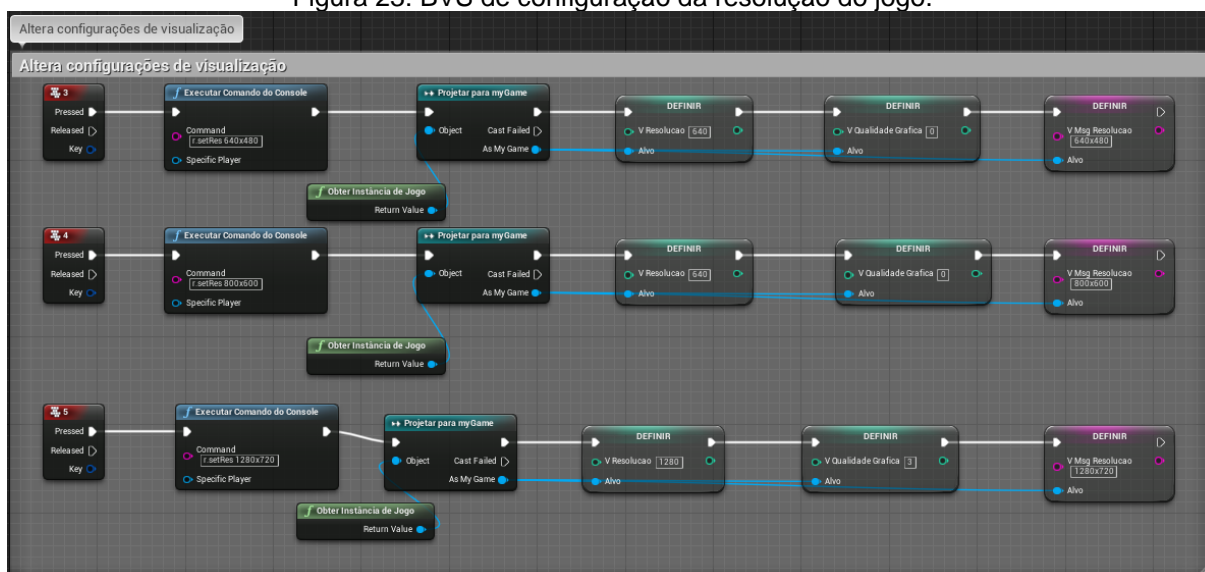
#### 4.4.10 Personalização e codificação de objetos

Devido ao fato do projeto ter sido implementado em um motor gráfico, a elaboração dos cenários foi feita por meio de *drag and drop*, ou seja, os objetos são “arrastados” para o cenário. Este tipo de recurso proporciona um grande ganho de tempo, porém, intervenções são necessárias. Estas são responsáveis pelas características do objeto, como escala, rotação, posição e tipo de textura. Cada objeto tem suas próprias características. Algumas texturas foram escolhidas para ajudar na compreensão do fenômeno, outras apenas para melhorar o efeito visual do cenário.

Além das características de cada objeto, codificações foram realizadas para permitir sua interação com o cenário. Essas foram feitas utilizando o *Blueprints Visual Scripting (BVS)* nativo da Unreal Engine. De acordo com especificações técnicas da Unreal, BVS é um sistema completo de *scripts* baseado no conceito de nós. Como acontece em outras linguagens de *scripts*, estes podem ser usados para definir classes/objetos ou definir ações. A Figura 23 apresenta um dos BVS construídos que configura a resolução do jogo.



Figura 23: BVS de configuração da resolução do jogo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Diversos BVS foram codificados ao longo do projeto. Alguns específicos para uma determinada fase ou laboratório, outros de uso geral. A diferença de codificação entre eles está no local onde o mesmo será implementado. *Scripts* de uso geral são normalmente codificados em uma *Game Instance* (instância de jogo), que é um objeto global que armazena dados que podem ser acessados em qualquer nível do jogo. *Scripts* específicos são codificados dentro do próprio cenário, ficando exclusivo a ele. O uso de BVS em uma instância de jogo permite a reutilização de códigos e, conseqüentemente, a redução no tamanho do projeto. A Tabela 9 apresenta algumas funções instanciadas na *Game Instance* do jogo e suas ações.

Tabela 9: Principais funções do sistema instanciadas na *Game Instance*.

Função	Ação
zeraVariáveis()	Retorna todas variáveis ao seu valor padrão.
registraBadges()	Calcula e armazena o número de <i>Badges</i> obtidos pelo jogador.
registraPontos()	Calcula e armazena a pontuação obtida por um jogador em uma fase do jogo.
coletaEsfera()	Coleta, armazena e atribui um novo tempo de acordo com cada esfera coletada corretamente nas fases do jogo.
selecionaAvatar()	Configura o <i>avatar</i> escolhido pelo jogador.
abandonaFase()	Fornece ao jogador uma tela que permite a escolha de sair ou não da fase.
defineQualidade()	Configura a qualidade gráfica do jogo de acordo com a escolha do usuário.
carregaMenuAcoes()	Projeta na tela o <i>menu</i> de ações básicas de cada fase ou laboratório.
carregaSubMenu()	Projeta na tela o <i>submenu</i> de ações de cada fase ou laboratório.

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.4.11 Interfaces gráficas

As interfaces gráficas do Leo3D se subdividem em dois grupos: i) *outgame*, presente nas telas de navegação do jogo; ii) *ingame*, presente nos laboratórios e fases jogáveis. As interfaces *outgame* foram criadas utilizando o componente *Taiku Menus*, adquirido no *Market Place* da Unreal Engine. Esse apresenta *menus* de navegação com botões ou palavras que realizam ações. As interfaces *ingame* utilizam componentes da própria Unreal. Um exemplo de interface *outgame* é a tela de abertura do Leo3D, Figura 24.

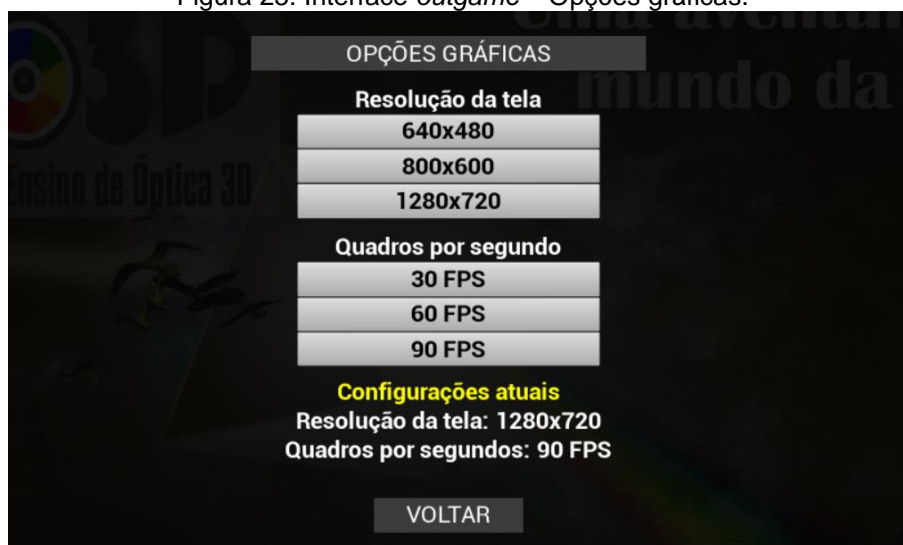
Figura 24: Tela de abertura do Leo3D.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

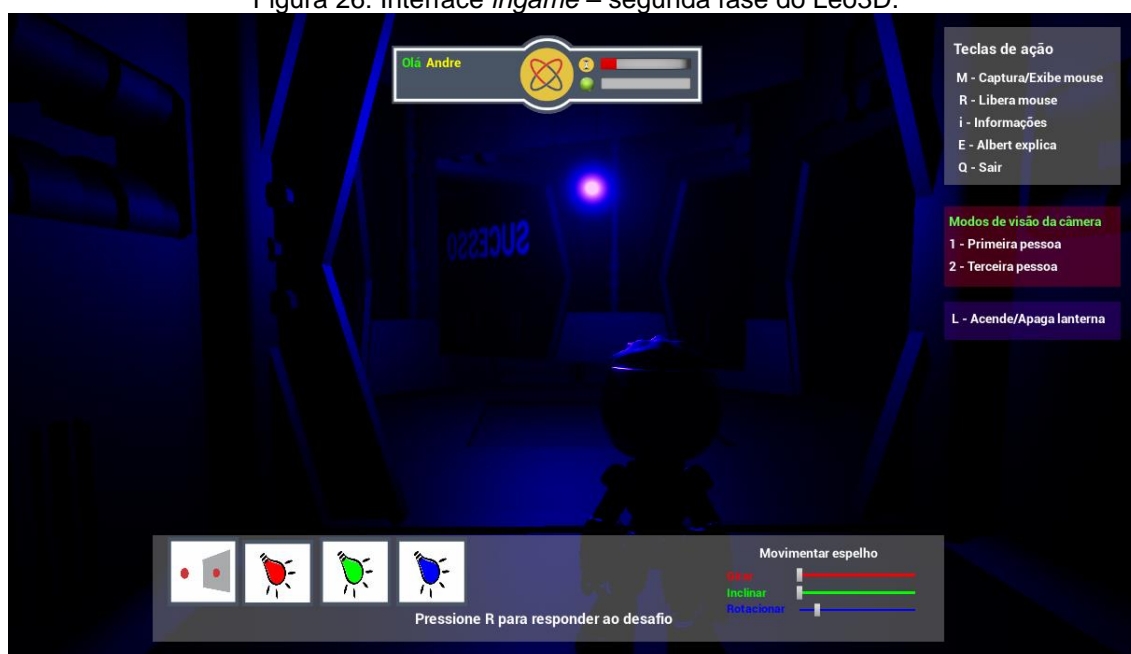
Nela é possível visualizar o componente *Taiku Menus*, localizado na parte inferior da tela e responsável pela navegação entre as áreas do jogo. Além desse componente, outros itens estão presentes, entre eles, a imagem de fundo, que compreende elementos que remetem à física, como o universo, decomposição da luz, nebulosa e outros, como o logotipo e um dos avatares disponível no jogo.

Ao acessar qualquer item do *menu*, tem-se acesso aos *submenus*, que possuem uma estrutura própria. Esses também foram criados com base no componente *Taiku Menus*. Utilizando fundo preto e botões, estes realizam diversas ações, como, modificar a resolução da tela. A Figura 25 apresenta um desses *menus*, que é uma interface *outgame*.

Figura 25: Interface *outgame* – Opções gráficas.

Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

A interface *ingame* utilizada nas fases e nos laboratórios teve como base a maioria dos jogos de terceira pessoa presentes no mercado. Nos laboratórios, como visto anteriormente, os *menus* ficam localizados em sua maioria nas partes inferior e lateral direita. Nas fases, além dessas áreas, um *menu* na parte superior é apresentado, contendo o nome do jogador, o tempo destinado à conclusão da fase e o número de esferas de energia coletadas. Diferentemente das ações localizadas na parte inferior dos laboratórios, as fases apresentam dicas ou ferramentas que podem ser utilizadas para superar os desafios propostos. A Figura 26 apresenta uma das interfaces *ingame* presentes na segunda fase do Leo3D.

Figura 26: Interface *ingame* – segunda fase do Leo3D.

Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

#### 4.4.12 Testes e análise dos ambientes desenvolvidos

Após cada incremento no jogo, todo o projeto era empacotado e levado para a equipe. Esta analisava os recursos implementados fornecendo dicas/sugestões de melhorias. Todo o processo foi acompanhado pelo pesquisador e os apontamentos anotados e avaliados para possíveis modificações.

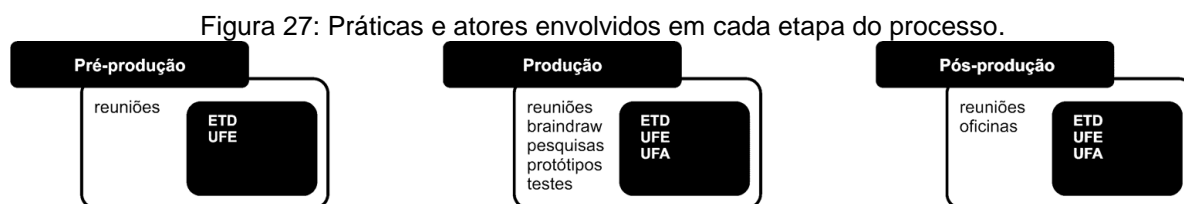
Após terminada a primeira versão, os alunos participantes do projeto puderam testar todo o jogo. Eles buscaram falhas de codificação ou erros de mecânica. Além disso, fizeram críticas e sugestões sobre os cenários e a forma como os conteúdos foram explorados. Entre as sugestões, solicitaram que os objetos não ficassem suspensos no ar, pois em se tratando de um jogo de física, isso contrariava a Lei da Gravidade. Além das críticas/sugestões, erros de mecânica também foram apontados, como o personagem atravessando paredes ou flutuando em alguns momentos.

Essa análise pode ser considerada como um dos maiores ganhos do uso do DP no processo, pois a opinião dos alunos fortalece um sistema que tem como público-alvo, eles mesmos. Algumas considerações feitas foram implementadas/modificadas no jogo, outras foram ignoradas após uma análise mais detalhada do seu impacto. Uma destas considerações ignoradas foi relacionada aos objetos suspensos. Em alguns cenários, suportes foram adicionados, porém, em outros, os objetos foram mantidos suspensos, pois a adição de um suporte influenciaria na abordagem que se desejava fazer. É importante frisar que todos os apontamentos feitos pelos alunos foram avaliados pelos docentes, pedagogos e desenvolvedor e, se procedentes, implementados na ferramenta. Essa troca de experiências é um dos principais pilares do DP, e a forma como ele foi conduzido é assunto do próximo subitem.

#### 4.5 Condução do Design Participativo na execução do projeto

Como visto no subitem 2.8, não existe um processo padronizado para aplicação do DP no desenvolvimento de um *software*, porém, algumas práticas são recomendáveis, entre elas, reuniões, oficinas, debates, maquetes, descrição de

cenários, *braindraw*<sup>10</sup>, prototipação, entre outros (ARAÚJO CAMARGO; FAZANI, 2014). Cada prática pode estar associada a uma etapa do processo específica ou a todas as etapas. Definir como elas serão abordadas no processo requer *feeling* e colaboração de todos os envolvidos. Neste trabalho, essas práticas foram integradas nas três principais etapas do processo de desenvolvimento de um *software*: pré-produção, produção e pós-produção. Para facilitar o processo de condução do DP, três conjuntos de atores foram definidos, seguindo a proposta de Oliveira (2015). São eles: i) Equipe Técnica de Desenvolvimento (ETD), composta pelo professor da área de informática – desenvolvedor e autor dessa pesquisa; ii) Usuários Finais Especialistas (UFE), composta por dois pedagogos e dois professores da área de física do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes; iii) Usuários Finais Aprendizes (UFA), composta por alunos do curso Técnico Integrado em Informática que participaram direta ou indiretamente no processo de desenvolvimento. A participação direta refere-se a um pequeno grupo de alunos que testaram, avaliaram e deram sugestões a cada nova fase ou laboratório implementados. A participação indireta refere-se a todos os alunos que utilizaram e avaliaram o jogo durante um teste piloto. A Figura 27 apresenta as principais práticas e os atores envolvidos durante o processo de desenvolvimento.



Fonte: elaborada pelo autor.

Como pode ser observado, as reuniões estiveram presentes em todas as etapas do processo. Elas foram fundamentais para a definição e condução do processo de produção do JED e envolveram apenas a ETD e UFE. Os UFA não participaram desse momento devido à incompatibilidade de horários entre as equipes. Na fase de pré-produção, elas nortearam a escolha do conteúdo e a forma como o mesmo deveria ser apresentado. Nas fases de produção e pós-produção, as reuniões foram utilizadas para analisar as implementações realizadas e fazer críticas/sugestões em busca de melhorias no sistema.

<sup>10</sup> Reunião de ideias que buscam o projeto da interface gráfica.

O *braindraw* serviu para aperfeiçoar as *interfaces* gráficas e a jogabilidade. Todos os atores participaram dessa prática, porém, em momentos distintos. Esse modo de condução foi adotado por dois motivos: i) dificuldade em conciliar um horário comum entre todos os participantes; e ii) busca por experiências distintas de cada grupo de ator. O *braindraw* possibilitou à ETD coletar informações sobre as facilidades/dificuldades de cada ator na utilização do sistema e as experiências/*expertises* dos UFA em relação a jogos de entretenimento, fornecendo dicas e sugestões em busca de uma melhor interface.

A prática de pesquisa concentrou-se na busca por experiências anteriores de sucesso/fracasso de cada ator envolvido no processo. Os UFE forneciam *feedbacks* de suas ações na prática da docência enquanto os UFA comentavam sobre suas experiências com jogos de entretenimento e educativos. A busca também por *software* semelhantes auxiliou na construção do JED proposto.

O protótipo e os testes envolveram toda a equipe (ETD, UFE e UFA). Cada ator avaliou o sistema por uma ótica distinta. Os UFE focaram nas interfaces, na integração do sistema na prática docente e na avaliação dos conteúdos/conceitos abordados. Os UFA focaram na jogabilidade e qualidade gráfica. A ETD avaliou o desempenho do sistema em diversas configurações distintas de equipamentos e na busca por erros ocultos ou falhas de codificação. Essa última etapa foi realizada também pelos UFA que participaram diretamente do processo.

A última prática, oficina, serviu para avaliar a primeira versão do sistema denominada Alpha 1.0. Segundo Novak (2011), uma versão *alpha* é uma etapa do processo de desenvolvimento no qual o motor e a interface do jogo estão completos e o jogo pode ser jogado do início ao fim. Essa prática foi conduzida pela ETD juntamente com um professor de física (que não faz parte da UFE) e alunos do 3º do EM. Ela serviu para analisar o comportamento do sistema em situação real de operação e fornecer dados para a condução do processo junto às turmas de 2º ano do EM.

Para ilustrar todo o processo de condução do DP já descrito, um infográfico foi construído apresentando todas as etapas, atores e ferramentas utilizadas durante a criação do Leo3D. Segundo Bottentuit Junior, Lisboa e Coutinho (2011), infográficos são formas de representação da informação que utilizam de múltiplos recursos multimídia, permitindo assim a análise de forma pormenorizada. A Figura 28



apresenta esse infográfico. As ferramentas utilizadas são abordadas no próximo subitem.

Figura 28: Infográfico do processo de condução do DP.



Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.6 Ferramentas adicionais utilizadas

Além da Unreal Engine utilizada para o desenvolvimento do jogo proposto, outras ferramentas apoiaram o processo. Estas foram responsáveis pelas edições de imagens, sons, modelagem 3D, entre outras. A seguir, são apresentadas as ferramentas utilizadas e a sua função no processo de desenvolvimento.

### 4.6.1 SketchUP

O Sketch UP é um *software* de modelagem 3D. Originalmente desenvolvido pela *At Last Software*, empresa com sede em Boulder – Colorado, foi em 2006 adquirido pela Google e vendido em 2012 para a empresa Trimble Navigation, uma empresa de capital aberto com sede em Sunnyvale – Califórnia.

Atualmente, o SketchUP possui duas versões: i) SketchUP Pro; ii) SketchUP Make. As duas versões compartilham o mesmo núcleo operacional, porém, a versão Pro, destinada a uso profissional, possui diversos recursos extras, entre eles, a importação/exportação de arquivos DWG e a modelagem de objetos sólidos. Além disso, a utilização da versão Make para atividades comerciais é considerada uma prática ilegal pelos detentores dos direitos do *software*.

Outro recurso interessante do SketchUP é a biblioteca de objetos 3D, comumente denominada de **3D Warehouse**. Nela é possível encontrar diversos modelos tridimensionais de plantas baixas de edificações, objetos de decoração, animais, veículos, entre outros. O *download* pode ser realizado diretamente pelo programa ou por meio do site<sup>11</sup> da biblioteca.

Neste projeto, o SketchUP Pro foi utilizado na criação de alguns cenários, como o labirinto presente na primeira fase do jogo e para modelagem dos objetos de decoração presentes nos laboratórios e fases do jogo, entre eles, as lâmpadas, o quadro-negro, os fantasmas presentes na primeira fase, entre outros. A Figura 29 mostra um dos objetos oriundos do SketchUP.

Figura 29: fantasma extraído do SketchUP - 3D Warehouse.



Fonte: Extraído de <https://3dwarehouse.sketchup.com/?hl=pt-BR>.

#### 4.6.2 Corel Draw

O CorelDraw Graphics Suite é um conjunto de aplicativos destinados à programação visual. Entre seus *softwares* destacam-se o Corel Draw, um programa

---

<sup>11</sup> <https://3dwarehouse.sketchup.com/?hl=pt-BR>



de design vetorizado e o Corel PhotoPaint, um aplicativo para criação e tratamento de imagens. Atualmente, o CorelDraw Graphics Suite encontra-se em sua versão 2017.

Neste trabalho, a *suite* CorelDraw foi utilizada para a criação do logotipo e tratamento de imagens utilizadas ao longo do JED.

#### 4.6.3 Camtasia Studio

O Camtasia Studio é um conjunto de ferramentas que auxilia na criação/edição de filmes. Desenvolvido pela TechSmith Corporation, ele possui diversos recursos como animações de *background*, trilhas independentes para músicas, transições personalizadas, efeitos com áudio, entre outros. Uma das grandes vantagens do Camtasia é o seu modo de operação, *drag and drop*, ou seja, arraste e solte.

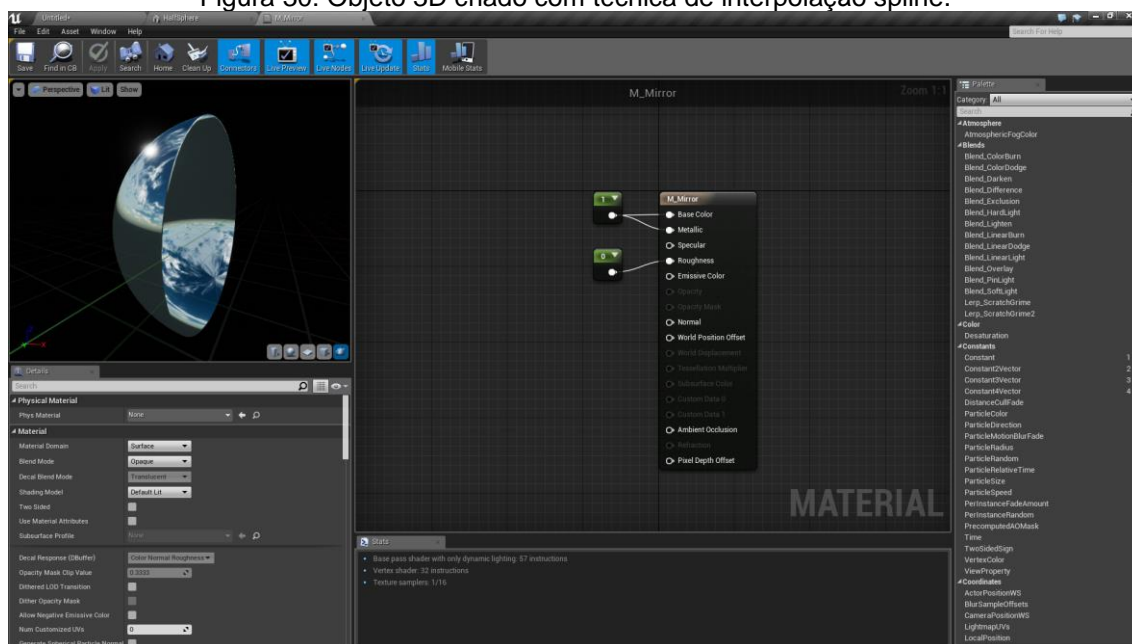
O Camtasia Studio foi utilizado neste projeto para criar o enredo do jogo.

#### 4.6.4 Blender

O Blender é outro programa destinado à criação 3D. Em relação ao SketchUP, possui a vantagem de ser *open source* e distribuído de forma gratuita.

O Blender possui uma série de recursos que auxiliam na modelagem de objetos tridimensionais, entre eles, materiais realísticos, que proporcionam um efeito real aos objetos, ferramentas de escultura (*sculpting*), que permitem adicionar efeitos aos objetos criados, edição de malhas (*mesh*), que permitem a criação de cubos, cilindros e esferas, entre outros. Este último recurso foi essencial para a criação de dois objetos tridimensionais utilizados no LDV que explora espelhos esféricos. Por uma limitação na Unreal para criação de reflexos em superfícies curvas, foi indispensável a criação de objetos 3D com *spline* de continuidade C2. A interpolação *spline* é uma técnica que consiste em dividir um intervalo em vários subintervalos, criando assim uma curva mais suave. A Figura 30 apresenta o objeto criado no Blender e sua configuração dentro da Unreal para utilização no laboratório de espelhos esféricos.

Figura 30: Objeto 3D criado com técnica de interpolação spline.



Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.6.5 Recursos audiovisuais

Segundo Ferreira (2013), elementos textuais, gráficos, sonoros e audiovisuais são considerados componentes essenciais de um jogo, fundamentais para que o usuário experimente uma sensação de imersão. Neste sentido, buscou-se integrar estes recursos no JED. Para isso, foram utilizadas imagens e sons gratuitos disponíveis na Internet.

As imagens foram retiradas do *site* Pixabay<sup>12</sup>, um banco de imagens gratuitas de alta qualidade disponível na Internet. De acordo com os termos de uso do Pixabay, todos os vídeos e imagens disponíveis em sua base de dados são distribuídas sobre a Licença *Creative Commons* e podem ser usadas e/ou adaptadas para fins comerciais ou não, sem a necessidade de referências ao autor ou à fonte. Os áudios foram extraídos do *site* Freesound<sup>13</sup>, que consiste também em uma base de dados *online*, porém, voltada a áudios e músicas. O Freesound também disponibiliza seus áudios através da Licença *Creative Commons*. A Figura 31 apresenta uma das

<sup>12</sup> <https://pixabay.com>

<sup>13</sup> <https://freesound.org>

imagens retiradas do *site* Pixabay que foi adaptada para ser utilizada na tela de abertura do JED.

Figura 31: Imagem utilizada na tela de abertura do jogo.



Fonte: Obtido do site Pixabay.

#### 4.6.6 *Market Place Unreal Engine*

O Market Place da Unreal Engine é um espaço destinado à venda de recursos adicionais que podem ser incorporados aos projetos desenvolvidos na Unreal. A maioria dos recursos disponíveis são produzidos por empresas da área ou iniciativas pessoais e são comercializados ou disponibilizados de forma gratuita. Entre os recursos disponíveis, podemos encontrar animações, ambientes, personagens, materiais, músicas, armas, códigos, entre outros.

No desenvolvimento deste projeto foram adquiridos três recursos disponíveis no Market Place. São eles:

- *Chibi Characters*: um conjunto de sete personagens criados por Pior Oberson, o qual disponibiliza personagens masculinos, femininos e um *Skullboy*, personagem este sem gênero definido. Estes personagens foram utilizados como avatares no jogo e serão abordados no próximo capítulo. A Figura 32 apresenta os personagens presentes no pacote *Chibi Characters*.

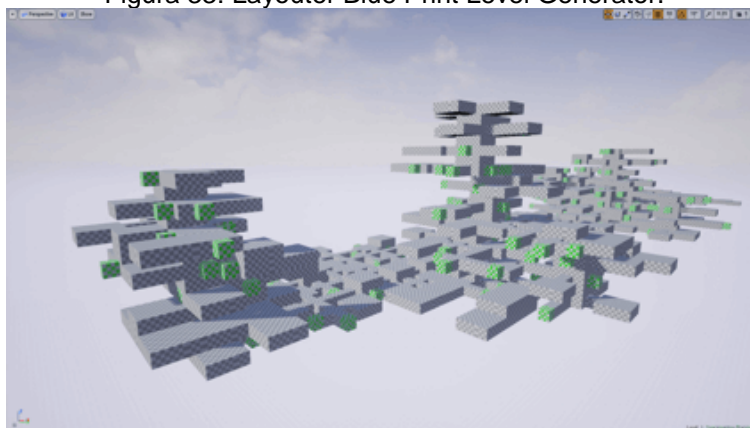
Figura 32: Chibi Characters.



Fonte: Market Place Unreal Engine

- *Layouter Blueprint Level Generator*: uma ferramenta desenvolvida por Nanite Storm em *blueprint*, que permite a criação fácil e rápida de mapas. Este recurso foi utilizado na criação do mapa da segunda fase do jogo. A Figura 33 apresenta uma das possibilidades de mapa que podem ser criados utilizando a ferramenta.

Figura 33: Layouter Blue Print Level Generator.



Fonte: Market Place Unreal Engine.

- *Taiku Menus – First Edition*: criado por ST. Taiku, este recurso permite adicionar *menus* aos projetos desenvolvidos em Unreal. Todos os *menus* presentes no JED foram criados utilizando os recursos disponíveis no Taiku Menus. A Figura 34 apresenta um dos *menus* disponíveis no *Taiku Menus*. Este menu foi utilizado na tela de abertura do jogo.

Optou-se pela aquisição destes recursos para tornar o ambiente desenvolvido mais próximo a um jogo de entretenimento e pelos seus custos serem relativamente pequenos frente ao tempo necessário para desenvolvê-los. Durante a etapa de

desenvolvimento, os alunos presentes na equipe indicaram a necessidade da escolha de personagens – avatares – e de um aspecto mais robusto que pudesse chamar a atenção dos usuários finais. Ao todo, foram gastos cerca de R\$ 120,00 na aquisição de todos os componentes, valor referente ao ano de 2017.

Figura 34: Taiku Menu – First Edition.

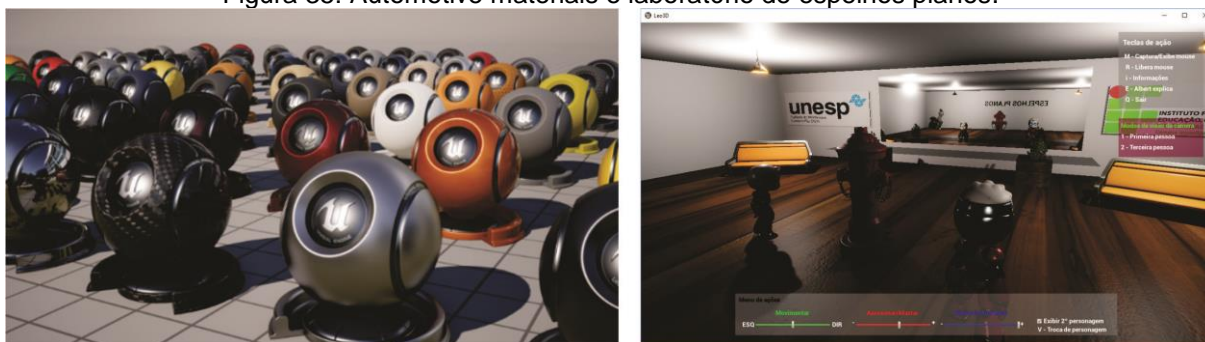


Fonte: Market Place Unreal Engine.

Além dos componentes adquiridos, dois outros recursos gratuitos também foram utilizados. Estes permitiram a criação de ambientes mais realistas. São eles:

- *Automotive materials*: conjunto de texturas automotivas que podem ser aplicados a qualquer malha presente em um cenário. Esses materiais foram essenciais nos laboratórios que abordam reflexão da luz. A Figura 35 apresenta estes materiais.

Figura 35: Automotive materials e laboratório de espelhos planos.



Fonte: elaborada pelo autor.

- *PolyPixel Freebie Pack*: conjunto de malhas e texturas que permite a criação de um cenário aos moldes de um prédio ou uma *store department*. Este recurso foi utilizado na criação do laboratório didático “Relógio Solar”. A Figura 36 apresenta o PolyPixel e a sua utilização no Laboratório Relógio Solar.



Figura 36: PolyPixel Freebie Pack e laboratório “Relógio Solar”.



Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.7 Considerações finais

Conforme pode ser visualizado, o processo de desenvolvimento não é simples e envolve o domínio de uma série de ferramentas e conceitos. Quando esse processo é realizado por uma equipe grande composta por diversos atores, como no caso da indústria de jogos de entretenimento, a tarefa é distribuída e os resultados podem ser fabulosos. No caso dos JED que possuem pouco apelo comercial e dependem, na maioria das vezes, de uma iniciativa independente ou de um laboratório, o processo torna-se complexo e os resultados ficam, em alguns momentos, a desejar em relação aos jogos comerciais. Mesmo com essas limitações, esse tipo de iniciativa vem contribuindo para uma melhoria no processo ensino/aprendizagem e deve ser sempre incentivada. O próximo capítulo “LEO3D – Uma aventura pelo mundo da óptica”, apresenta o jogo desenvolvido.

## 5 LEO3D – UMA AVENTURA PELO MUNDO DA ÓPTICA

Após a explanação de todos os recursos e etapas envolvidas no processo de criação do Leo3D, este capítulo apresenta suas principais telas de navegação, os LDVs, as fases jogáveis e os personagens presentes no ambiente.

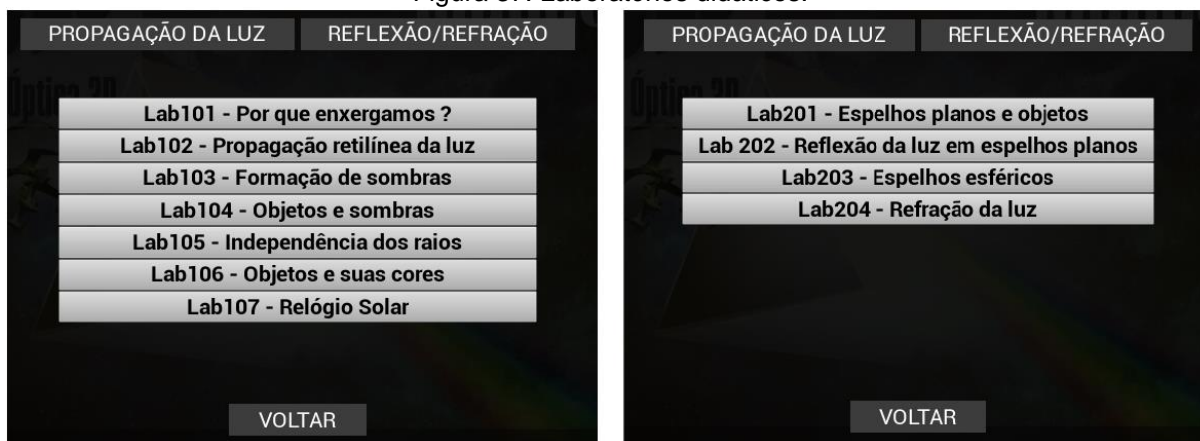
### 5.1 Apresentação

O Leo3D – Uma aventura pelo mundo da óptica – é um JED voltado ao ensino de OG que possui características de MVT, LDV e JE. Essa junção de múltiplas características em um único JED é algo praticamente inexistente na maioria dos jogos encontrados na literatura - Ravenscroff e Matheson (2002), Hassan, Zahed, *et al.* (2011), Nishida, Braga, *et al.* (2014), Dias, Mekaro, *et al.* (2015), Otsuka, Bordini, *et al.* (2015).

Os conteúdos de OG abordados no Leo3D tiveram como base o livro didático de física presente no PNLD 2015, 2016 e 2017 (MAXIMO; ALVARENGA, 2013), livro este escolhido pelo IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes – para as turmas de 2º ano do EM.

A tela de abertura, vista anteriormente (Figura 24 – p.88), dá acesso aos laboratórios, às fases jogáveis, à seleção do avatar, ao *menu* de opções, aos créditos do sistema e ao botão que encerra a aplicação. Os laboratórios são agrupados em dois tópicos, propagação da luz e reflexão/refração da luz. A Figura 37 apresenta o *menu* “Laboratórios”.

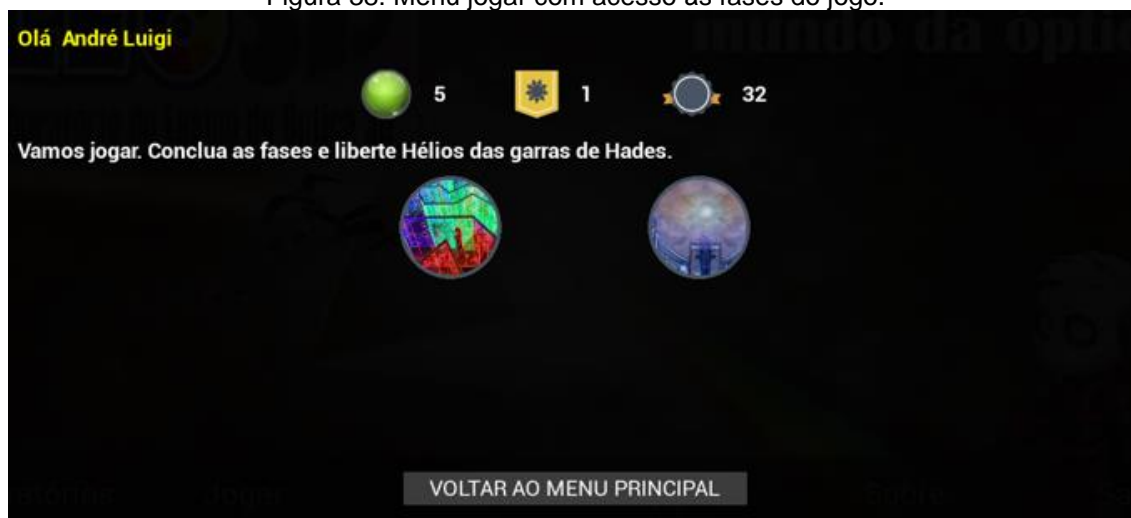
Figura 37: Laboratórios didáticos.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

O botão “Jogar” direciona os usuários às fases jogáveis. Na versão atual, duas fases estão prontas. O jogador só pode jogar a segunda fase caso tenha concluído a primeira. A Figura 38 apresenta a tela de seleção das fases, que indica também o número de esferas coletadas, o nível de experiência do jogador e a pontuação obtida.

Figura 38: Menu jogar com acesso às fases do jogo.



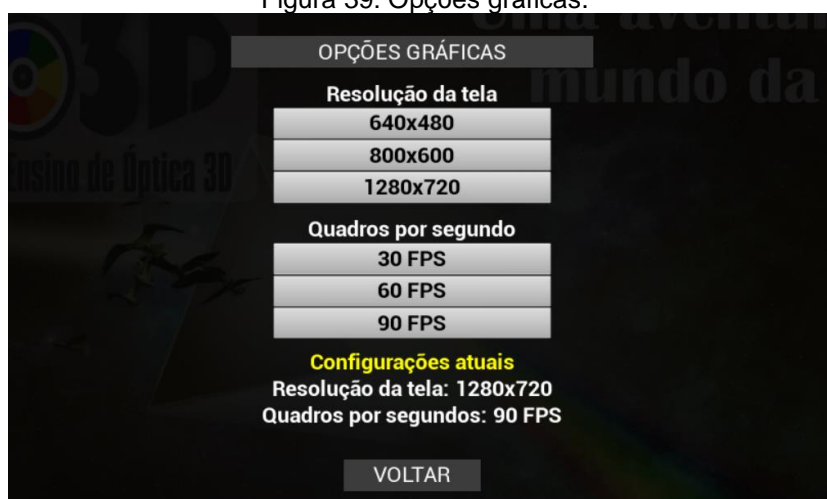
Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

O botão “Avatar” permite ao jogador escolher o seu personagem enquanto o botão “Opções” possibilita aos usuários realizar configurações gráficas a fim de obter a melhor experiência ao jogar. Essas opções modificam a qualidade gráfica do jogo, alterando a resolução da tela e, conseqüentemente, o nível de detalhamento gráfico dos cenários. Mesmo com essa redução, aspectos essenciais como sombreamento e iluminação são preservados, permitindo assim a correta visualização dos fenômenos de OG. Se esses aspectos não fossem mantidos, a ferramenta perderia sua essência.

Além da resolução da tela, o usuário pode modificar a taxa de *Frame per Second* (FPS), que é a quantidade de vezes que um quadro é exibido por um segundo. Altas taxas de FPS permitem uma melhor experiência ao jogar, porém, carecem de recursos computacionais extras, como uma boa placa de vídeo. Para garantir uma experiência aceitável ao jogar, o Leo3D permite ao usuário uma escolha mínima de 30 FPS. Este valor foi determinado após testes de desempenho utilizando como base os equipamentos presentes nos laboratórios do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. As máquinas utilizadas não possuíam placa de vídeo dedicada e a experiência a jogar foi considerada satisfatória. A Figura 39 apresenta o menu opções gráficas.



Figura 39: Opções gráficas.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

O botão “Sobre” faz referências ao projeto desenvolvido, assim como às instituições envolvidas e a *engine* utilizada no desenvolvimento. Essa referência se faz necessária de acordo com os termos de licenciamento da Unreal Engine. O botão “Sair” encerra a aplicação e retorna ao sistema operacional do usuário. A Figura 40 apresenta tela de créditos.

Figura 40: Créditos do jogo.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

## 5.2 Laboratórios didáticos virtuais – LDV

Como apresentado na introdução, o Censo Escolar da Educação Básica 2016 (INEP, 2016) mostrou que apenas 51,3% das escolas de EM do Brasil possuem laboratório de ciências. Em contrapartida, esse mesmo Censo indicou que os laboratórios de informática estão presentes em cerca de 82,7% dessas escolas. Desta forma, o uso de LDVs pode ser considerado uma alternativa para escassez de laboratórios reais e podem facilitar o processo de ensino/aprendizagem.

Seguindo essa proposta, o Leo3D disponibiliza aos usuários um conjunto de 11 LDVs que simulam de forma simplificada experimentos que visam facilitar a compreensão dos conteúdos de OG. O termo “simplificado” foi aqui utilizado pois, segundo Rocha (2014), simulações são ambientes que simulam a realidade com alto grau de fidelidade e, no caso do Leo3D, elas são apresentadas de modo simplificado devido ao caráter lúdico e educacional. Existem outros tipos de simulações que não apresentam características de jogos, por exemplo, simulações numéricas, físicas e de ambientes que buscam retratar com fidelidade total comportamentos naturais. A Tabela 10 apresenta os laboratórios didáticos presentes no Leo3D e os conteúdos abordados em cada um. Os

Apêndice I a Apêndice XI apresentam uma sugestão de roteiros de trabalho para cada laboratório.

Tabela 10: Relação de laboratórios presentes no Leo3D e conteúdos abordados.

Nome do laboratório	Conteúdo abordado	Objetivo
Por que enxergamos?*	Reflexão da luz	Apresentar ao usuário os conceitos básicos pelo qual podemos enxergar.
Propagação retilínea da luz	Propagação retilínea da luz	Demonstrar como a luz se propaga e como as sombras são formadas de acordo com a variação no número e posição das fontes luminosas.
Formação de sombras	Propagação retilínea da luz	Demonstrar o comportamento das sombras de acordo com o posicionamento de uma fonte luminosa.
Objetos e sombras	Propagação retilínea da luz	Demonstrar o comportamento de uma sombra alterando o tipo de fonte luminosa (extensa/pontual).
Independência dos raios	Propagação retilínea da luz	Apresentar o conceito da independência dos raios luminosos.
Objetos e suas cores*	Reflexão	Mostrar o comportamento das cores de acordo com o tipo/cor da iluminação.
Relógio Solar	Propagação retilínea da luz	Apresentar o funcionamento de um relógio solar.
Espelhos planos e objetos	Reflexão	Mostrar o comportamento de objetos frente a um espelho plano.
Reflexão da luz em espelhos planos	Reflexão	Mostrar o comportamento de um raio de luz que incide sobre uma superfície reflexiva como um espelho.
Espelhos esféricos	Reflexão	Mostrar o comportamento de um objeto quando posicionado frente a espelhos esféricos.
Refração da luz	Refração	Apresentar o comportamento de um feixe luminoso quando este passa de um meio para o outro.

\* Os laboratórios “Por que enxergamos?” e “Objetos e suas cores” apesar de estarem relacionados a reflexão da luz, estão posicionados no menu “Propagação da luz”, pois abordam conceitos introdutórios de OG.

Fonte: elaborada pelo autor.

### 5.3 Personagem “Albert”

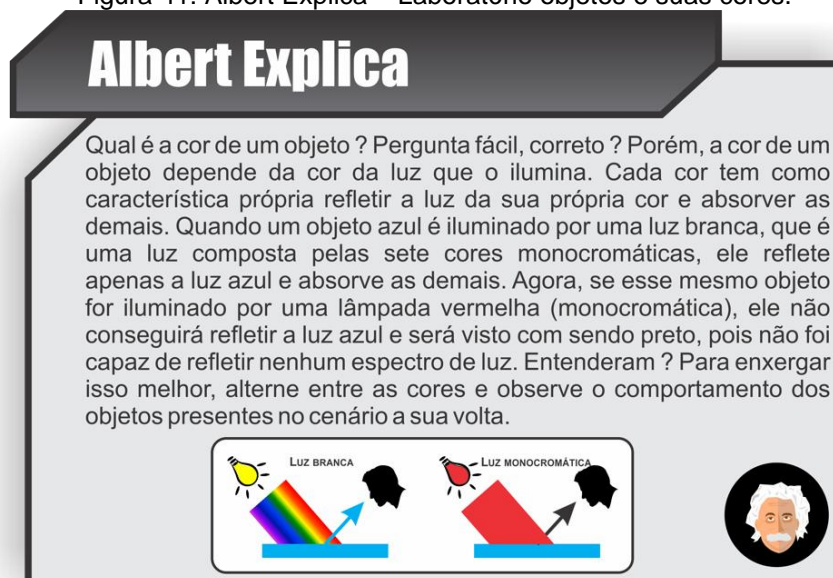
Albert Einstein foi um grande físico teórico de origem alemã que viveu de 1879 a 1955. Destacou-se pelo desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral e da Mecânica Quântica, um dos pilares da Física Moderna. Em 1921, recebeu o Prêmio Nobel por suas contribuições à Física Teórica e pelo descobrimento do efeito fotoelétrico. É o pai da equação mais famosa do mundo:  $E=mc^2$ .

Albert Einstein provavelmente é o físico mais famoso do mundo e talvez o primeiro a ser lembrado quando a palavra física é pronunciada. Por estes motivos, o

Leo3D incorporou um personagem chamado “Albert” e este foi representado por uma caricatura. A imagem utilizada é gratuita e foi extraída do site Pixabay.

O personagem Albert está presente em todos os LDVs e fases do jogo. Nos laboratórios, possui a função de explicar o fenômeno que está sendo abordado. Nas fases, fornece dicas que auxiliam o jogador superar os desafios apresentados. A Figura 41 mostra uma das telas de explicação presentes no Leo3D. As demais podem ser visualizadas no Apêndice XII.

Figura 41: Albert Explica – Laboratório objetos e suas cores.



Fonte: extraída do jogo desenvolvido – Leo3D.

Apesar do Leo3D ter sido pensado e desenvolvido para ser utilizado em sala de aula junto com o professor, a função “Albert Explica” possibilita a sua utilização como ferramenta de autoinstrução, à medida que os usuários poderão a qualquer momento encontrar explicações sobre os fenômenos de OG.

#### 5.4 Considerações finais sobre o capítulo

Este capítulo teve como objetivo apresentar o Leo3D e suas principais telas e recursos de navegação. Os requisitos mínimos de *hardware* para sua execução completa, incluindo as fases jogáveis, são um computador equipado com processador Intel Core i5, 8 GB de memória RAM, placa de vídeo dedicada, unidade de CD-ROM e sistema operacional Windows 10 64 bits. Para os LDVs, equipamentos com processador Intel Core i3 com 8GB de RAM e unidade de CD-ROM são suficientes.

O próximo capítulo, Materiais e Métodos, apresenta os processos de construção dos instrumentos avaliativos, os cenários de teste (experimentos) e a forma como os dados coletados foram analisados.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Após todos os tópicos anteriormente apresentados, este tem como propósito apresentar os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa. Esses são responsáveis pela construção do instrumento avaliativo, definição dos cenários de teste e aferição dos resultados da utilização do Leo3D no ambiente escolar.

### 6.1 Construção do instrumento avaliativo

Avaliar é uma estratégia de ensino que permite ao educador reconhecer as teorias e as hipóteses formuladas pelos alunos, os erros construtivos na resolução de tarefas e os saberes primitivos aprendidos (BOGGINO, 2009). Esse processo é normalmente conduzido por meio de provas ou trabalhos que aferem os conteúdos/conceitos trabalhados em sala de aula. Além do caráter avaliativo, essa etapa permite também aos educadores receber um *feedback* de todo o processo ensino/aprendizagem e realizar intervenções que possam melhorar o rendimento dos alunos.

Um dos grandes desafios deste trabalho foi a construção de um questionário que permitisse avaliar a eficiência do jogo proposto. Questões tradicionais de livros ou provas não contemplavam o caráter lúdico da ferramenta, pois traziam questões que utilizavam cálculos matemáticos ou equações para a sua resolução. Além disso, o instrumento não poderia ser elaborado ao acaso e deveria seguir premissas científicas.

Buscas na literatura revelaram dois instrumentos validados que foram utilizados em caráter avaliativo de conhecimento em OG. O primeiro, criado por Harres (1993), possui 15 questões de múltipla escolha e buscava avaliar as concepções alternativas presentes nos alunos sobre o conteúdo de OG. Segundo Almeida, Cruz e Soave (2007), concepções alternativas são modelos, construtos ou significados contextualmente errôneos que não coincidem com os propostos pela comunidade científica. O segundo instrumento, denominado *Light and Optics Conceptual Evaluation* (LOCE), pertence ao projeto *Active Learning in Optics and Photonics* (ALOP), apresentado na *World Conference on Physics and Sustainable Development – 2005* (ALARCON *et al.*, 2010). Esse possui ao todo 51 questões que se alternam

entre múltipla escolha e dissertativas. O LOCE tem como objetivo avaliar o conhecimento de óptica ao término do EM e é uma iniciativa apoiada pela UNESCO. Além desses dois instrumentos, o livro didático de física do 2º ano do EM de Máximo e Alvarenga (2013), adotado no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, foi considerado para compor o questionário final.

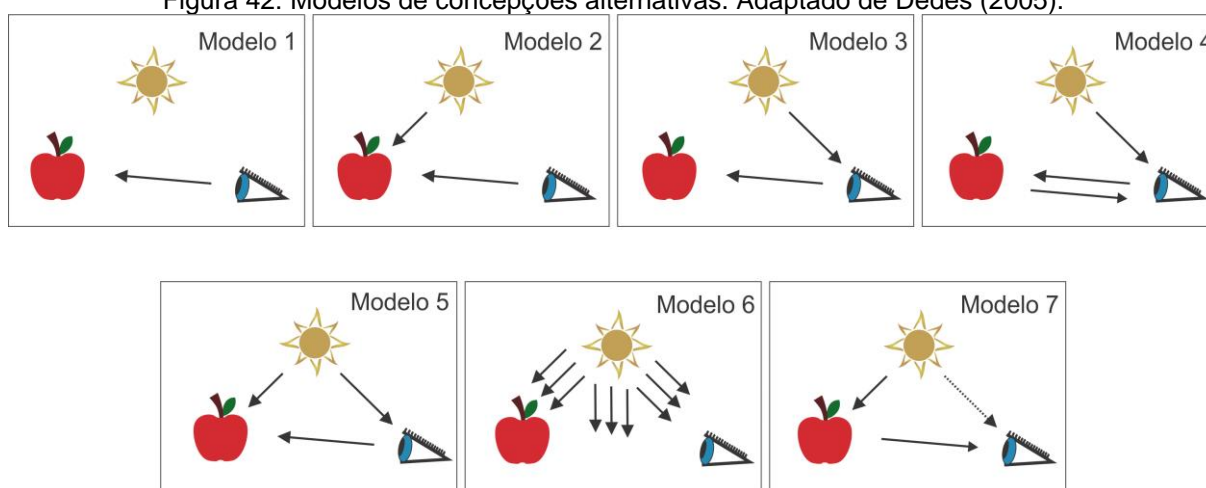
O processo de construção do instrumento avaliativo iniciou-se com a análise de todas as questões presentes nos dois instrumentos e no livro didático. Em seguida, elas foram separadas por grupos de acordo com os tópicos presentes no livro didático. As questões presentes no questionário do LOCE passaram por um processo de tradução seguindo os mesmos protocolos apresentados por Carvalho *et al.* (2007). Este processo permitiu que as questões tivessem seus aspectos linguísticos preservados, tendo em vista que uma expressão em inglês pode não apresentar o mesmo sentido/contexto no português do Brasil.

Além da preocupação com o caráter linguístico do questionário, o aspecto pedagógico foi considerado. Neste caso, o instrumento final de avaliação não poderia demandar mais do que 55 minutos para ser respondido, tempo máximo de duração de uma aula no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, local onde os testes foram realizados. Utilizando-se o tempo médio de 3 minutos para responder cada questão, tempo este próximo ao que os alunos possuem no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), chegou-se ao número máximo de 18 questões.

O processo de seleção levou em consideração as seguintes premissas: i) questões que contextualizavam os conteúdos de OG sem o uso de equações ou cálculos matemáticos; ii) questões de conteúdos abordados pelo JED proposto; iii) questão de conteúdos não abordados pelo JED; e iv) questões de múltipla escolha. A escolha de questões que não envolvem cálculos matemáticos apoia-se no objetivo do jogo proposto, que é o aspecto lúdico e o entendimento dos conceitos por meio da observação de fenômenos. Questões com conteúdos abordados ou não pela ferramenta avaliam a efetividade dela, sendo que espera-se um maior rendimento nos tópicos apresentados no JED. Questões de múltipla escolha objetivam preparar os alunos para as provas de seleção, os quais serão submetidos em um futuro, por exemplo, o ENEM. No universo de 18 questões do questionário, 17 são de múltipla escolha e uma dissertativa. Esta última possui três finalidades: i) analisar o traçado dos raios no desenho e verificar se os alunos apresentam ou não concepções

alternativas em relação ao processo de visão, e se essas mudam após o período de intervenção; ii) verificar a expressão oral do conteúdo de física, à medida que o aluno deverá explicar com suas palavras o fenômeno apresentado; iii) fazer uma análise de discurso procurando evidências de que a ferramenta desenvolvida auxiliou na resolução da questão. Para verificar as concepções alternativas na resolução da questão aberta, os modelos propostos por Dedes (2005) foram considerados. A Figura 42 apresenta esses modelos, dos quais de 1 a 6 representam concepções alternativas e, o modelo 7, representa o modelo científico que explica o fenômeno. Devido ao caráter exploratório dessa questão, ela não compõe o escore final obtido pelo aluno.

Figura 42: Modelos de concepções alternativas. Adaptado de Dedes (2005).



Fonte: elaborada pelo autor.

O questionário completo com as questões propostas pode ser encontrado no Apêndice XIII. Devido à diversidade de instrumentos utilizados para do questionário, as questões de múltipla escolha apresentam números distintos de alternativas.

## 6.2 Desenho experimental

Para avaliar o jogo proposto, quatro experimentos distintos foram conduzidos: i) Teste Piloto; ii) Experimento I; iii) Experimento II; iv) Experimento III. Essa divisão foi necessária devido ao caráter multiexploratório da pesquisa, que não busca apenas avaliar os benefícios do uso de ADMs em classes regulares do EM, mas também se eles podem ou não serem utilizados no EaD. Além disso, a pesquisa avaliou também se a reavaliação de uma mesma prova em dois momentos distintos (pré e pós-teste) sem que os alunos passem por um momento de instrução, influencia no desempenho acadêmico, o que pode influenciar positivamente ou negativamente nos resultados da



pesquisa. Com exceção do teste piloto, todos os demais experimentos estão de acordo com o protocolo de teste aprovado no Comitê de Ética sob o CAAE: 66661617.1.0000.5465. Mesmo o teste piloto tendo sido aplicado antes da aprovação do protocolo, ele seguiu as mesmas etapas aprovadas pelo Comitê.

O protocolo completo de testes possui quatro etapas, a saber: i) pré-teste, que avalia os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto de óptica; ii) intervenção, que consiste no uso ou não da ferramenta desenvolvida; iii) pós-teste, que avalia os conhecimentos adquiridos após as intervenções; e iv) *EGameFlow*, que avalia a ferramenta em si.

O Teste Piloto e o Experimento I contemplam as quatro etapas do protocolo. A diferença entre eles está no foco. Enquanto o primeiro serviu para coletar informações sobre o desempenho da ferramenta e como integrá-la à prática docente, o segundo avaliou sua eficiência no processo ensino/aprendizagem.

O Experimento II avaliou o potencial do Leo3D para o EaD. Este contemplou três etapas: i) pré-teste; ii) intervenção; iii) pós-teste. O *EGameFlow* não foi utilizado pois é incoerente questionamentos sobre o conteúdo abordado na ferramenta e suas aplicabilidades dentro do jogo sem que o aluno tenha passado por um período de instrução junto ao professor da disciplina. Durante as intervenções, momentos de discussão foram propostos remetendo assim aos fóruns normalmente utilizados neste tipo de instrução. Para esse experimento, roteiros foram elaborados com intuito de auxiliar os estudantes na condução das experimentações dentro da ferramenta. Esses podem ser encontrados nos Apêndice XIV a Apêndice XXV.

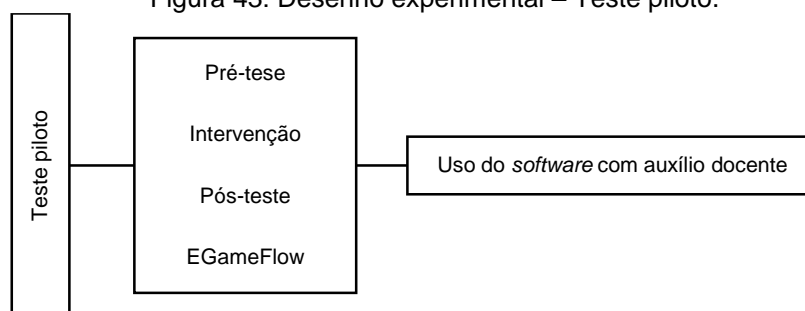
Por último, o Experimento III verificou se a reaplicação de um mesmo instrumento de avaliação infere ou não em um melhor desempenho no segundo momento. Essa prática é comum em pesquisas que utilizam pré e pós-teste e foi utilizada pelos autores Smits-Engelsman, Jelsma e Ferguson (2017) na avaliação do uso de *exergames* em crianças que vivem em comunidades de baixa renda. Para coleta dos dados, um período de 15 dias foi respeitado entre o pré-teste e o pós-teste. Nesse período, os estudantes não tiveram acesso ao conteúdo de OG ou à ferramenta desenvolvida dentro de sala de aula. A Tabela 11 apresenta a descrição detalhada de cada experimento.

Tabela 11: Descrição dos experimentos.

Experimento	Ano letivo	Período de intervenção	Turmas envolvidas	Objetivo	Desenho experimental
Teste piloto	2017	2º bimestre	3º ano de Informática e Agrimensura	Avaliar o desempenho do JED	Figura 43
Experimento I	2017	4º bimestre	2º anos de Informática, Agrimensura, Agropecuária e Alimentos	Avaliar os benefícios da utilização do JED em sala de aula	Figura 44
Experimento II	2018	1º bimestre	2º ano de Informática	Avaliar se o JED pode ser utilizado em ambientes EaD	Figura 45
Experimento III	2018	1º bimestre	2º ano de Alimentos	Avaliar se a releitura de uma prova influencia no desempenho	Figura 46

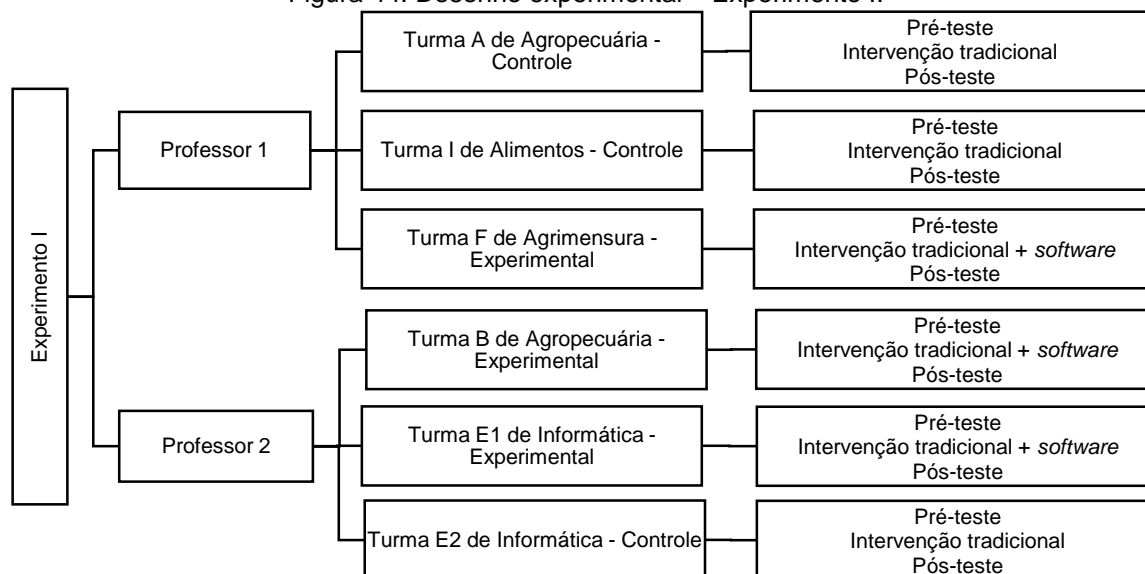
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 43: Desenho experimental – Teste piloto.



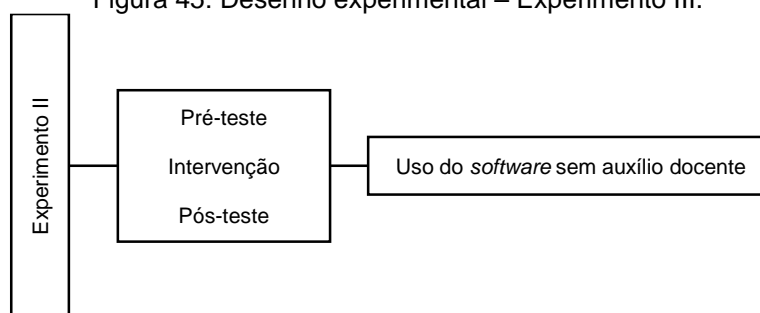
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 44: Desenho experimental – Experimento I.



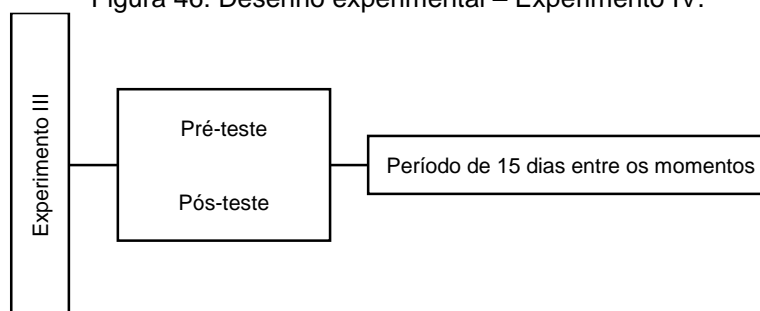
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 45: Desenho experimental – Experimento III.



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 46: Desenho experimental – Experimento IV.



Fonte: elaborada pelo autor.

A divisão de turmas apresentada no Experimento I (Figura 44), foi realizada buscando minimizar ao máximo as variáveis **prática docente** e **perfil do curso**. Como professores distintos atuavam no 2º ano do EM, as turmas foram divididas de forma que cada docente atuasse no grupo controle e no grupo experimental. Dessa forma, o fato do professor ter mais ou menos afinidade com tecnologias educacionais não influenciaria nos resultados finais. A mesma linha de raciocínio foi seguida na divisão das turmas de um mesmo curso. Neste caso, minimizou-se a afinidade dos alunos com o uso de tecnologias. Essa divisão só foi possível de ser realizada nos cursos de Informática e Agropecuária, que possuíam duas turmas. Os cursos de Alimentos e Agrimensura, que possuíam apenas uma turma, foram separados de acordo com a disponibilidade do laboratório de informática no horário da intervenção. Por esse motivo, a turma de Agrimensura teve acesso ao JED no período de intervenção (grupo experimental) e a turma de Alimentos foi direcionada ao grupo controle. Apesar de tais procedimentos, não se exclui a possibilidade da inferência da prática docente ou do perfil do curso nos resultados obtidos.

### 6.3 Análise dos dados

Para avaliar a eficiência do JED proposto, os dados coletados nos experimentos foram submetidos a análises estatísticas descritivas e inferenciais. As análises estatísticas inferenciais foram realizadas por meio do teste de Análise de Variância (ANOVA) e do teste *t* de Student. O ANOVA foi utilizado no Teste Piloto e Experimento I para verificar se as turmas possuíam o mesmo grau de conhecimento sobre OG. Já o teste *t* de Student serviu para verificar se elas apresentaram ou não diferenças significativas de desempenho após o período de intervenção. Esse teste, também conhecido como *teste t*, foi criado por William S. Gosset no início do século 20 (LEVINE; BERENSON; STEPHAN, 2005) e, segundo Paes (2008), é o mais adequado quando um mesmo indivíduo é analisado duas vezes (antes e após uma intervenção). Este mesmo procedimento foi utilizado por Brancalhona, Fogo e Williams (2004) para avaliar o desempenho escolar de crianças expostas à violência conjugal.

Tanto a ANOVA quanto o *teste t* trabalham com hipóteses, que são confirmadas ou rejeitadas. No caso da ANOVA, as seguintes hipóteses foram consideradas:

- $H_0$ : não existe diferenças entre as turmas;
- $H_1$ : há pelo menos uma diferença entre as turmas.

Já o *teste t*, no qual duas amostras são reduzidas para uma média populacional, as seguintes hipóteses foram utilizadas:

- $H_0$ :  $m = m_0$  (não há diferenças entre as médias após o período de intervenção);
- $H_1$ :  $m \neq m_0$  (há diferenças entre as médias após o período de intervenção).

Além dessas análises, análises descritivas foram realizadas para comparar os dois grupos (controle/experimental) nos dois momentos de coleta de dados (pré-teste e pós-teste). Todas elas foram realizadas utilizando dados resultantes das questões objetivas presentes no instrumento avaliativo. A questão aberta foi analisada separadamente conforme premissas já apresentadas.

Todas as análises propostas neste subitem foram realizadas utilizando o Microsoft Excel com suplementos estatísticos adicionais instalados.

#### **6.4 Análise do desempenho de alunos com necessidades específicas**

Um dos objetivos deste estudo foi avaliar se ADM podem contribuir para o processo ensino/aprendizagem de alunos com Necessidades Específicas (NE). Neste caso, não foi considerada nenhuma necessidade em específico ou se os alunos possuíam ou não laudos médicos que comprovavam esse fator. Os indivíduos que fizeram parte dessa pesquisa foram selecionados após análise das atas dos conselhos de classe bimestrais, que entre suas finalidades, apontam estudantes com dificuldades no processo de ensino/aprendizagem. Essas dificuldades podem ou não estar associadas de alguma forma a um déficit, seja ele de aprendizado ou cognitivo.

#### **6.5 Avaliação da ferramenta**

Após a avaliação quantitativa dos benefícios ou não da utilização do JED proposto, uma avaliação qualitativa foi realizada. Esta teve como base averiguar a capacidade de imersão, concentração, jogabilidade, entre outros fatores, do jogo desenvolvido. Esse tipo de análise fornece um *feedback* importantíssimo para a ETD, pois permite que ajustes possam ser realizados buscando o aperfeiçoamento do jogo desenvolvido.

Neste estudo, o método *EGameFlow* definido anteriormente foi utilizado para avaliar a ferramenta desenvolvida. O instrumento foi adaptado retirando itens não presentes no Leo3D, reduzindo o número de questões para adequação ao tempo disponível e reescrevendo o texto das perguntas de forma a deixá-las claras e objetivas. O instrumento final pode ser visualizado no Apêndice XXVI.

Os dados resultados do *EGameFlow* foram utilizados tanto para a análise da ferramenta quanto para verificar como os grupos de usuários envolvidos nas intervenções se identificaram com o jogo.

#### **6.6 Considerações finais sobre o capítulo**

Este capítulo apresentou como e quais etapas foram conduzidas para a avaliação do Leo3D como ferramenta de apoio ao ensino. Diversos cenários foram

elaborados, cada qual com um objetivo em específico. Análises quantitativas e qualitativas foram apresentadas para a validação dos dados coletados.

Como a pesquisa envolve ambiente escolar, diversas variáveis não mensuradas podem influenciar nos resultados. Os diversos cenários e o número de grupos envolvidos tentam minimizar esses riscos, porém, não há como prever todas as situações que podem ocorrer durante o período de intervenção.

O próximo capítulo apresenta os resultados de todos os experimentos aqui apresentados.

## **7 RESULTADOS E DISCUSSÕES PARCIAIS**

Após toda a explanação envolta da pesquisa a ser realizada, este capítulo apresenta os resultados da utilização do Leo3D no ambiente escolar. Como descrito anteriormente, quatro experimentos foram realizados. Os resultados de todos são apresentados por meio de análises estatísticas descritivas e/ou inferenciais. Cada experimento é apresentado em um subitem distinto.

### **7.1 Teste piloto**

O teste piloto foi o primeiro experimento conduzido. Este utilizou a versão Alpha 1.0 do Leo3D. A intervenção ocorreu no mês de junho de 2017 e contou com a participação de 68 alunos do 3º ano do EM. Destes, apenas 41 tiveram seus dados considerados. Os demais faltaram a alguma das etapas previstas no protocolo.

O teste piloto envolveu duas turmas do Curso Técnico em Informática e uma turma do Curso Técnico em Agrimensura. Após a compilação dos dados, uma das turmas de Informática foi excluída do experimento. Isso ocorreu devido aos Jogos Internos dos Institutos Federais, o que fez com que grande parte dos alunos não comparecessem nos momentos de intervenção.

Não foi possível dividir as turmas em grupos controle/experimental, pois todos os alunos já haviam estudado OG no 2º ano do EM. Além de analisar o desempenho da ferramenta nos laboratórios de informática do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, os dados coletos no pré o pós-teste avaliaram também os benefícios do Leo3D no processo ensino/aprendizagem, porém com foco na revisão de conteúdo. Como o teste piloto foi executado antes do Comitê de Ética aprovar o protocolo de teste, todos os alunos foram convidados a participar, tiveram a escolha de se identificarem ou não, contou com o aval do professor da disciplina e teve o acompanhamento do setor pedagógico do campus, que a todo momento teve acesso aos dados e intervenções realizadas. Foi também explicado aos alunos que os dados coletados não seriam utilizados em caráter avaliativo da disciplina e serviriam apenas como resultados preliminares desta pesquisa. Por questões de otimização de tempo, o instrumento avaliativo foi adaptado tendo o número de questões reduzidas de 18 para 12 questões. O questionário adaptado pode ser consultado no Apêndice XXVII.

### 7.1.1 Teste *t* de Student

Os dados coletados no pós-teste após o período de intervenção foram comparados aos do pré-teste por meio do teste *t* com  $\alpha$  de 0,05. Esse teste verificou se as turmas apresentaram ganhos significativos ou não de rendimento após a utilização do Leo3D. Os valores resultantes desse teste são apresentados na Tabela 12, considerando as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_A = \mu_I$  (não há diferença nas médias após a utilização do Leo3D),
- $H_1: \mu_A \neq \mu_I$  (há pelo menos uma diferença entre as médias).

Tabela 12: Teste *t* de Student – Teste Piloto.

	Pré-teste	Pós-teste
Média	5	5,9756
Observações	41	41
Valor-t	-2,2850	
Valor-p ( $T \leq t$ ) bi-caudal	0,0277	
t crítico bi-caudal	2,0211	

Fonte: elaborada pelo autor.

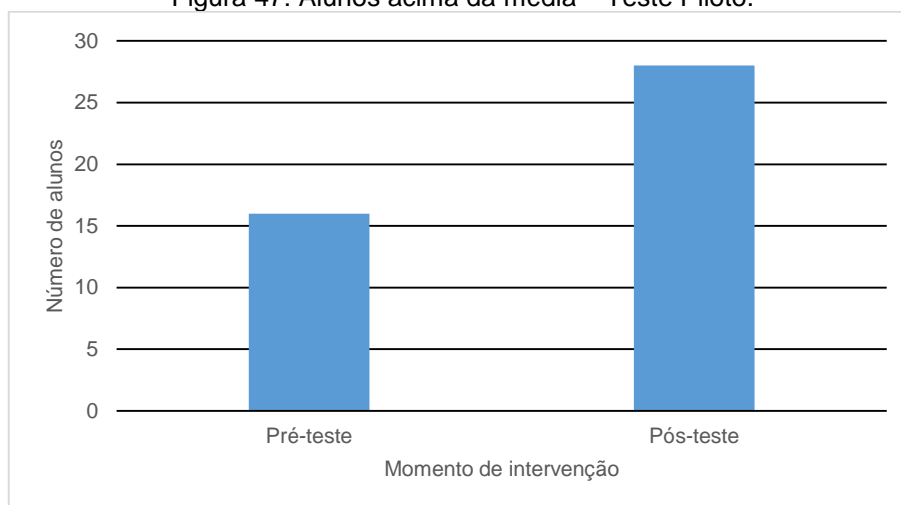
De acordo com os dados presentes na tabela, temos evidências para rejeitar  $H_0$  com grau de confiança de 95% e afirmar que a média alcançada pelos estudantes no pós-teste é significativa em relação ao pré-teste. Essa afirmação baseia-se no *valor-p* calculado (0,0277), valor este inferior ao  $\alpha$  estipulado (0,05). Por essas razões, podemos afirmar que o Leo3D auxiliou os estudantes no processo de revisão de conteúdos, tendo em vista que todas as turmas presentes no teste piloto já haviam estudado OG.

### 7.1.2 Análises descritivas

Adicionalmente ao teste *t*, análises descritivas foram também realizadas. Estas permitem visualizar várias características distintas, como o total de alunos acima da média, o índice de acerto das questões, o desempenho em cada questão, etc. A primeira análise (Figura 47) apresenta um gráfico comparativo mostrando o número de alunos acima da média nos dois momentos de coleta de dados (pré-teste e pós-teste). É possível perceber um aumento da ordem de 75% após o uso do Leo3D, saltando de 16 alunos para 28. Esses dados reafirmam a eficiência do Leo3D para a revisão de conteúdos. A média de 50% de acerto foi considerada nessa análise.



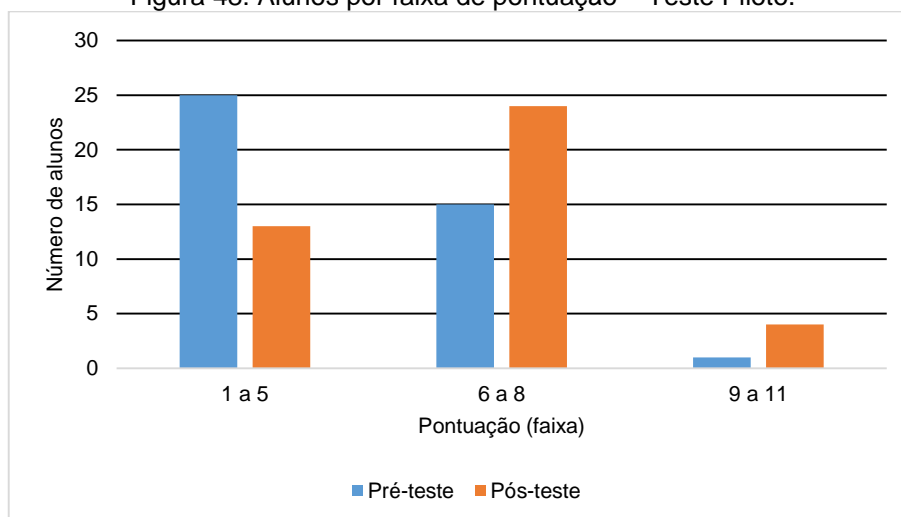
Figura 47: Alunos acima da média – Teste Piloto.



Fonte: elaborada pelo autor.

Já a Figura 48 mostra a quantidade de alunos por faixa de pontuação. Foram consideradas as seguintes faixas: i) 1 a 5 pontos; ii) 6 a 8 pontos; iii) 9 a 11 pontos.

Figura 48: Alunos por faixa de pontuação – Teste Piloto.

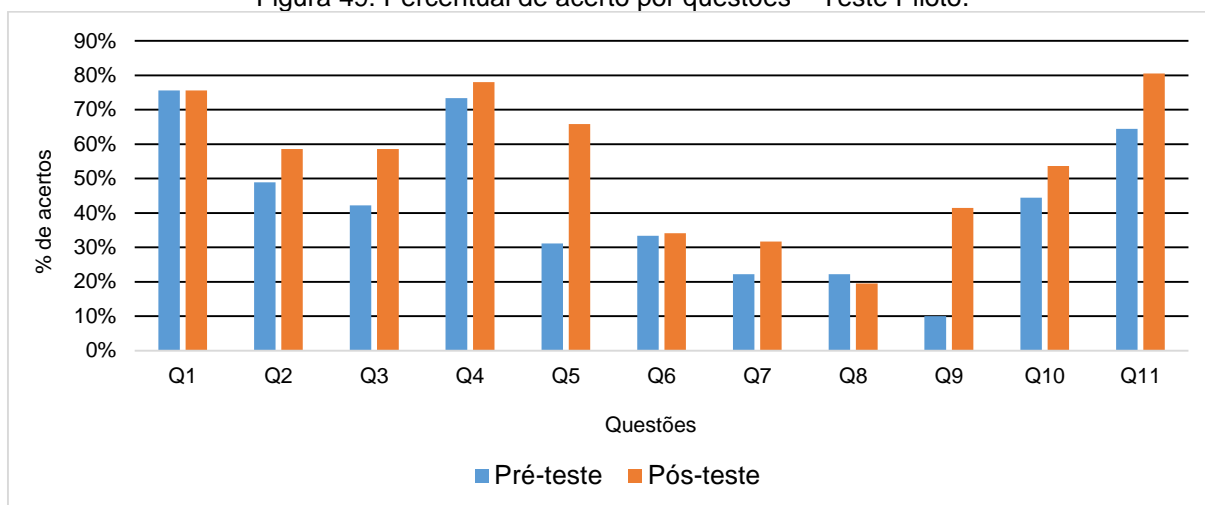


Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar o gráfico, percebe-se que o uso do Leo3D permitiu aos alunos um ganho de nota. Enquanto no pré-teste a maioria dos alunos encontravam-se abaixo da média (faixa de 1 a 5 pontos), no pós-teste a maioria encontra-se na faixa de 6 a 8 pontos. Observa-se também um aumento no maior número de alunos com nota superior a 9 pontos, o que corresponde a um rendimento superior a 80% na prova.

Outra análise realizada refere-se ao percentual de acerto em cada questão nos dois momentos de coleta de dados. A Figura 49 apresenta esses dados.

Figura 49: Percentual de acerto por questões – Teste Piloto.



Fonte: elaborada pelo autor.

No gráfico, é possível perceber que a maioria das questões apresentaram índice maior de acertos no pós-teste em relação ao pré-teste, exceto a questão #1, que não apresentou mudanças e a questão #8 que teve uma queda de rendimento. Essa questão em específico trata da reflexão da luz em um espelho plano localizado dentro de uma sala escura. Para tentar verificar o motivo pelo qual essa queda ocorreu, tanto o enunciado quanto as alternativas da questão passaram por uma análise textual, que buscou identificar se a forma como o texto foi apresentado induziu os alunos a uma resposta equivocada ou se os textos apresentavam erros conceituais. A análise não identificou erros, porém, a alternativa A apresentou um texto um pouco complexo em sua escrita. Para facilitar a compreensão do texto, o Experimento I teve o texto do instrumento avaliativo alterado conforme apresentado abaixo:

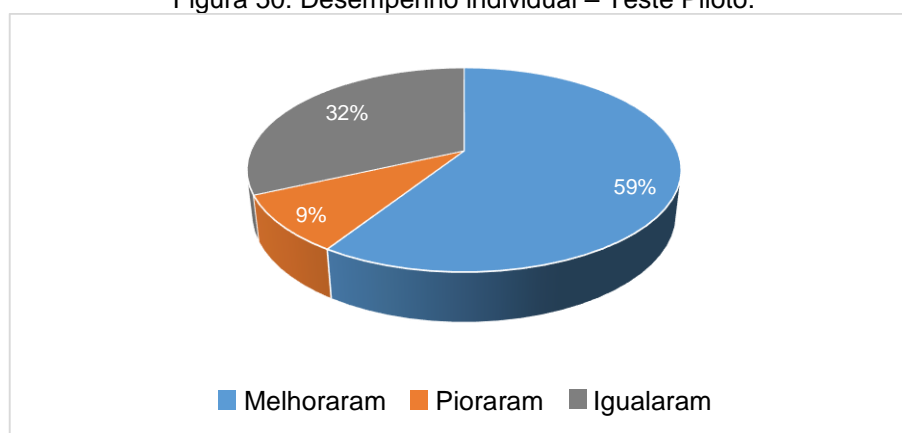
- **Alternativa A – teste piloto**
  - Não ela não poderá ver o espelho e nem a luz nele refletida
- **Alternativa A – teste com as turmas de 2º ano (Experimento I)**
  - Não. Ela não poderá ver a luz nem o espelho

Além da verificação do texto, uma análise no LDV “Reflexão da luz em espelhos planos” foi realizada. Essa buscou verificar se o conteúdo estava apresentado de forma correta e sem erros conceituais. Essa análise também não apresentou erros. Por esses motivos, não existem razões para afirmar que o Leo3D contribuiu para a queda no rendimento na questão e esta pode ser associada a um evento normal que pode estar presente em qualquer prova ou instrumento de avaliação.

Entre as questões que apresentaram índice de acerto superior no pós-teste em relação ao pré-teste, destacam-se as questões #5 e #9. A questão #5 aborda conceitos referentes à reflexão de objetos em espelhos planos, enquanto a questão #9 refere-se à refração da luz. Essa diferença significativa de escores entre os dois momentos de intervenção pode estar associada à forma como os conteúdos foram abordados dentro do Leo3D (Lab101 e Lab204), no qual o conteúdo já aprendido e revisado nos momentos de intervenção permitiu aos estudantes interações impossíveis de serem visualizadas em livros didáticos ou no quadro-negro. As questões #5 e #9 do teste piloto são as questões #7 e #13 do inventário completo conduzido nos demais experimentos.

Além da pontuação obtida nos dois momentos de coleta de dados, foi possível também observar o comportamento dos alunos individualmente. Isso foi possível apenas para 22 alunos que se identificaram, dentre os 41 presentes. A Figura 50 apresenta essa análise, considerando a diferença de notas entre o pós-teste e o pré-teste.

Figura 50: Desempenho individual – Teste Piloto.

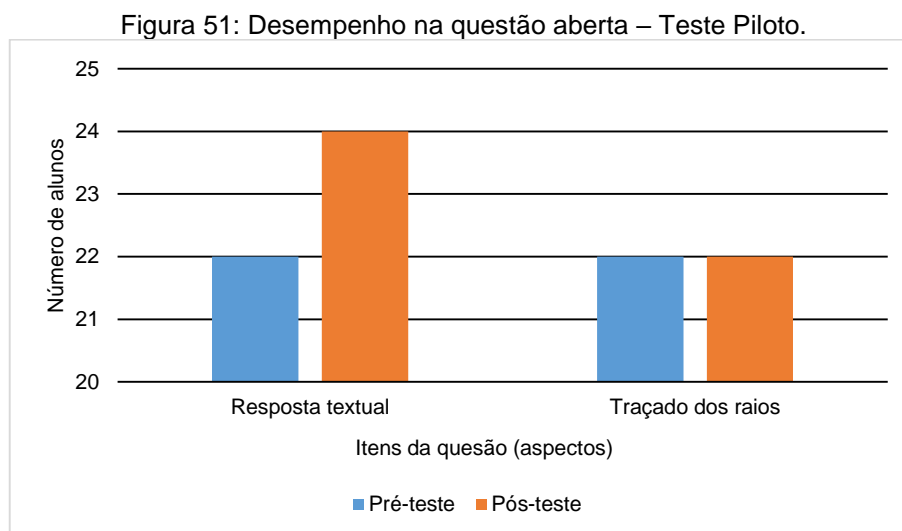


Fonte: elaborada pelo autor.

Dentre esses 22 alunos, a maioria (59%) apresentaram um ganho de rendimento no pós-teste em relação ao pré-teste, 32% igualaram e apenas 9% apresentaram uma queda de rendimento. Esses resultados novamente ratificam a eficiência do Leo3D para a revisão de conteúdos.

Considerando agora apenas a questão subjetiva – questão nº. 12, Apêndice XXVII – está não apresentou ganhos significativos no pós-teste em relação ao pré-teste. Como já visto, a análise levou em consideração três aspectos: i) resposta textual; ii) traçado dos raios; iii) referência ao Leo3D na resposta. A Figura 51

apresenta um gráfico com os dois primeiros aspectos considerados. Na resposta “Resposta Textual” observa-se um pequeno aumento no número de alunos que acertaram a resposta (22 para 24 alunos), comportamento distinto do observado no “Traçado dos raios”, no qual manteve-se inalterado.



Fonte: elaborada pelo autor.

Além disso, a análise de discurso que buscou referências ao Leo3D na resolução da questão, identificou apenas uma resposta que associou dois LDVs (Por que enxergamos? e Objetos e suas cores) fazendo uma correlação entre o fenômeno de reflexão da luz com a cor no qual a capa do livro seria visualizada. Apesar dessa relação, esse dado não foi considerado, pois o texto da questão em momento algum questionou sobre a cor do livro. Diante desses resultados, não se pode afirmar que o Leo3D contribuiu para ganhos ou perdas nesta questão e crer que, o LDV “Por que enxergamos?” não conseguiu transmitir de forma lúdica o conceito envolvido no processo pelo qual enxergamos.

### 7.1.3 EGameFlow

Adicionalmente às análises de rendimento, o Leo3D foi avaliado pelo instrumento *EGameFlow*. Essa análise buscou identificar as principais características que delineiam um JED: entretenimento, *feedback*, imersão, jogabilidade, entre outros. Uma versão reduzida do *EGameFlow* (Apêndice XXVIII) foi aplicada e respondida pelos 41 alunos que participaram do teste piloto. Cada alternativa apresentava uma escala de 1 a 5, no qual 1 representava a pior avaliação e 5 a melhor avaliação. A

Tabela 13 apresenta as médias de cada critério avaliado. Os critérios foram agrupados em características.

Tabela 13: Médias das avaliações – *EGameFlow* adaptado – Teste Piloto.

<b>Critério</b>	<b>Item avaliado</b>	<b>Média</b>
Concentração	Os conteúdos abordados no Leo3D se relacionam com os conteúdos vistos em sala de aula?	4,66
	O visual do Leo3D me agradou	4,12
Desafios	As fases do jogo integram os conhecimentos abordados nos laboratórios?	4,17
Controle	O Leo3D é fácil de ser utilizado?	4,39
Clareza de objetivos	Os conteúdos foram abordados de forma clara?	4,56
	O Leo3D deve ser utilizado junto as aulas de física?	4,78
Melhoria no conhecimento	O Leo3D pode contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos de óptica?	4,76
	O uso do Leo3D melhorou seus conhecimentos sobre óptica?	4,34
	Você ficou concentrado ao utilizar o Leo3D?	3,88
Imersão	Você esqueceu seus problemas durante o uso do Leo3D?	3,34
	Você se envolveu com o Leo3D?	3,85

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar os critérios concentração e imersão, percebe-se que o Leo3D consegue prender a atenção do jogador, mesmo tendo o critério imersão obtido uma média um pouco menor. Este pode ter sido ocasionado pelo momento no qual o teste piloto foi realizado, que coincidiu com o período de provas do 2º bimestre. Em termos de facilidade de uso, a ferramenta mostrou-se fácil de ser utilizada, alcançando uma média de 4,39 no critério Controle. As fases apresentaram um bom grau de desafio (4,17) e colocaram em prática os conhecimentos abordados nos laboratórios. Em termos de conteúdo, percebe-se que estes foram abordados de forma clara (4,56) e o Leo3D conseguiu, de forma geral, melhorar o conhecimento sobre óptica, sendo apontado pela maioria como uma ferramenta que deve ser utilizada em sala de aula junto às aulas de física.

Os critérios autonomia, *feedback* e integração social não foram avaliados no teste piloto. Esses foram omitidos devido ao tempo total destinado à resposta do pós-teste e do *EGameFlow*, que vieram integrados em um único instrumento de avaliação.

#### 7.1.4 Análise de desempenho e integração do Leo3D na prática docente

Um dos principais focos do teste piloto foi avaliar o desempenho do Leo3D nos laboratórios do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, e a forma de integrá-lo à prática docente.

A análise de desempenho identificou que equipamentos com processadores Intel Core i3, 8GB de memória RAM e sem placa de vídeo dedicada conseguiram executar de forma aceitável todos os laboratórios didáticos e a primeira fase do jogo, mantendo uma taxa média de 30 FPS. A segunda fase do jogo só foi possível ser jogada sem placa de vídeo em equipamentos com processador Intel Core i7 de quarta geração em diante, e com no mínimo 8GB de memória RAM. Não foi possível verificar o desempenho em máquinas equipadas com processadores da linha AMD, devido a indisponibilidade dos mesmos.

Em relação à integração à prática docente, foi possível observar algumas premissas que devem ser consideradas durante o uso do Leo3D. São elas:

- *tempo da intervenção*: intervenções com períodos superiores a 90 minutos tendem a desmotivar os alunos;
- *condução da aula*: aulas devem ser conduzidas pelo professor de forma a levar os alunos à experimentação, e não deixar que eles próprios definam os caminhos ou a forma de interagir com o sistema;
- *bloqueio da Internet*: se possível, a Internet do laboratório deve estar desconectada, pois nos momentos de explicação dos fenômenos de OG ou na ajuda de alunos que apresentaram dificuldade na utilização do teclado e mouse, alguns alunos saíram do JED e acessaram conteúdos como Facebook, Google, sites de jogos e Whatsapp;
- *fator surpresa*: momento de aplicação do pós-teste não deve ser revelado, pois alguns alunos acham desnecessária a participação. Talvez esse comportamento seja consequência da não utilização das notas obtidas no pré e pós-teste para composição da nota final do aluno na disciplina;
- *recompensa*: se possível, a participação dos alunos deve ser recompensada de alguma forma, evitando assim ausências e dispersão durante as aulas.

Essas considerações foram pautadas da observação do autor desta pesquisa durante os momentos de intervenção e não são regras, porém, podem ser a diferença entre o sucesso ou não da utilização de JED. Apesar do bloqueio da Internet parecer algo contraditório quando se fala em ferramentas digitais no apoio ao ensino, essa ação se mostrou essencial em alguns momentos de intervenção.

## 7.2 Experimento I

Após concluído o teste piloto com as turmas de 3º ano do EM, teve-se início o Experimento I, que envolveu todas as turmas de 2º ano do EM, no último bimestre letivo do ano de 2017. Diferentemente do teste piloto, as turmas no Experimento I foram divididas em dois grupos, controle e experimental. O grupo controle não teve acesso ao *software* durante o período de intervenção, tendo as aulas ministradas da forma tradicional, ou seja, quadro-negro e giz. O grupo experimental utilizou o Leo3D durante as aulas, intercalando momentos teóricos (quadro-negro e giz) com momentos de práticas em laboratório. Ao todo, 160 alunos participaram do processo, porém, apenas 105 tiveram seus dados compilados (54 alunos no grupo controle e 51 no experimental). Os demais alunos faltaram a uma das etapas de coleta de dados (pré-teste ou pós-teste), inviabilizando assim a análise dos resultados. O Experimento I utilizou as versões expandidas dos instrumentos de avaliação - Apêndice XIII e Apêndice XXVI.

Em relação às premissas apresentadas no subitem anterior, algumas situações puderam ser contornadas, porém, outras não. Algumas turmas tiveram aulas com tempo superior a 90 minutos, enquanto outras, não ultrapassavam 55 minutos. Independentemente do tempo de aula, todas as intervenções com o grupo experimental foram conduzidas pelo pesquisador junto ao professor da disciplina, evitando assim que os alunos definissem o que fazer. A Internet foi desconectada na maioria das intervenções e os alunos não foram avisados do momento no qual o pós-teste seria realizado. Mesmo com essas ações, um grande número de alunos faltou a este momento (55 alunos). Por último, por se tratar de uma pesquisa, em momento algum os dados coletados ou a participação dos alunos foram utilizados em caráter avaliativo.

### 7.2.1 Análise de variância da amostragem – Experimento I

Diferentemente do teste piloto no qual todas as turmas estavam vinculadas a um único professor, as turmas presentes nesse experimento possuíam professores distintos, aqui denominados de “Professor 1” e “Professor 2”. Cada professor tinha sob seu comando três turmas de 2º ano do EM. O perfil de cada professor pode ser visualizado na Tabela 14.

Tabela 14: Perfil dos professores envolvidos – Experimento I.

Item	Professor 1	Professor 2
Formação	Graduação em Ciências	Licenciatura em Física
Ano de formação	1987	2004
Titulação	Doutor	Doutor
Tempo de docência	30 anos	14 anos
Prática didática	Tradicional	Tradicional com viés tecnológico

Fonte: elaborada pelo autor.

A análise dos dados presentes na tabela mostra grandes distinções entre os docentes, que vão desde a área de formação até a prática docente. Para verificar se essas distinções influenciavam no desempenho acadêmico dos alunos ou se estes possuíam ou não os mesmos conhecimentos sobre OG, as notas obtidas no pré-teste das turmas de cada professor foram submetidas ao teste ANOVA. Os resultados desse teste são apresentados na Tabela 15, considerando as seguintes hipóteses com grau de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

- $H_0: \mu_A = \mu_I$  (não há diferenças entre os grupos – turmas equivalentes);
- $H_1: \mu_A \neq \mu_I$  (há pelo menos uma diferença entre os grupos – as turmas não são equivalentes).

Tabela 15: Análise da variância entre as turmas no pré-teste – Experimento I.

Indicador	Professor 1	Professor 2
Valor F calculado		0,0031
Valor-P		0,9559
F Crítico (tabulado)		3,9333
Média (pontos)	5,2462	5,2250

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar os dados apresentados acima, pode-se afirmar que o perfil distinto de cada professor não influenciou no rendimento das turmas. Essa análise pode ser confirmada com base nas médias obtidas (5,24 contra 5,22) e pelo *valor-P* calculado (0,9559) que é superior ao  $\alpha$  estipulado (0,05). Com isso, não há evidências para rejeitar a  $H_0$ , reafirmando que as turmas envolvidas no Experimento I possuem o mesmo grau de conhecimento em OG e o mesmo rendimento acadêmico. Dessa



forma, o perfil docente distinto pouco influenciará nos resultados aferidos após o período de intervenção.

Confirmada essa hipótese, as turmas foram subdividas nos grupos controle e experimental, conforme mencionado anteriormente (Figura 44 - p. 112).

### 7.2.2 Teste *t* Student – Experimento I

Após o término do período de intervenção, os dados coletados de cada grupo no pré e pós-teste foram submetidos ao teste *t*, a fim de verificar se as intervenções provocaram ganhos significativos no processo ensino/aprendizagem. Foram consideradas as hipóteses abaixo com um grau de confiabilidade de 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Os resultados desse teste são apresentados na Tabela 16.

- $H_0: \mu A = \mu I$  (não houve ganhos no processo ensino/aprendizagem);
- $H_1: \mu A \neq \mu I$  (houve ganhos no processo ensino/aprendizagem).

Tabela 16: Teste *t* de Student – grupo controle – Experimento I.

	Grupo Controle		Grupo Experimental	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
Média	4,8704	5,5370	5,6275	6,6471
Observações	54		51	
Valor-t	-1,5887		-3,1163	
Valor-p ( $T \leq t$ ) bi-caudal	0,1181		0,0030	
t crítico bi-caudal	2,0057		2,0086	

Fonte: elaborada pelo autor.

Os dados presentes na tabela acima mostram que o grupo controle não apresentou ganhos significativos após o período de intervenção, mesmo obtendo média superior no pós-teste (5,53 frente a 4,87). Essa afirmação é validada com base no *valor-P* (0,1181) que é superior ao valor de  $\alpha$  estipulado (0,05). Dessa forma, não há evidências para rejeitar a hipótese  $H_0$  para o grupo controle. Em contrapartida, o grupo experimental apresentou ganhos significativos no processo ensino/aprendizagem, como pode ser observado na análise do *valor-P* deste grupo (0,003), inferior ao  $\alpha$  estipulado (0,05). Com isso, há evidências para rejeitar a  $H_0$  e afirmar que existem diferenças significativas entre o pré e o pós-teste do grupo experimental com grau de confiança de 95%.

Os resultados obtidos no Experimento I alinham-se com outros já presentes na literatura, como, Bordini *et al.* (2015), Pereira *et al.* (2009) e Guillermo (2016). Apesar

do ganho significativo apresentado no grupo experimental, a nota média de ambos os grupos encontra-se inferior à média considerada no teste (8,0 pontos). O baixo desempenho pode estar associado a época na qual as intervenções ocorreram (4º bimestre). Neste período, uma parte dos alunos encontrava-se aprovada enquanto outra buscava meios para conseguir a aprovação. Os alunos que já estavam aprovados demonstravam pouco interesse pelas aulas. Os que ainda não haviam logrado êxito, focavam seus esforços nas disciplinas com maior risco de reprovação ou naquelas em que poderiam melhorar suas notas e, com isso, escapar de uma possível prova exame, também conhecida como prova final.

Um fator que corrobora essa hipótese é o baixo interesse pelas aulas de física observado em uma das turmas do grupo experimental. A média de participantes durante as intervenções girou em torno de 10 alunos, exceção apenas para a aula que foi dedicada a jogar as fases do Leo3D, que teve uma participação de quase 80% da turma. Essa falta de interesse se assemelha aos resultados obtidos por Costa e Miranda (2017), que apesar de não relatarem em seu trabalho o número de alunos presentes em cada intervenção, fizeram menção ao desinteresse pelo processo. Apesar de alguns resultados positivos encontrados pelos autores, eles se depararam com um alto grau de dispersão das turmas, que na maioria das vezes, saíam do jogo para navegar na Internet ou jogar capítulos fora do contexto proposto.

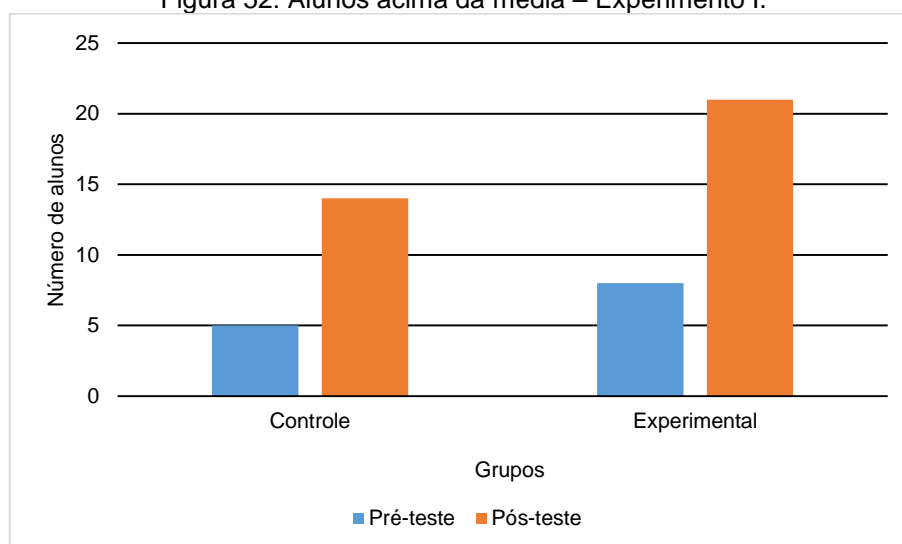
### *7.2.3 Análises descritivas – Experimento I*

Adicionalmente às análises estatísticas apresentadas anteriormente, este tópico apresenta análises descritivas do comportamento das turmas, dos grupos e dos alunos após o período de intervenção.

A primeira análise, Figura 52, mostra o quantitativo de alunos que ficaram acima da média nos dois grupos. Como pode-se perceber, os dois grupos apresentaram resultados positivos após o período de instrução. O grupo controle saltou de 5 para 14 alunos acima da média, um ganho de 180%, enquanto o grupo experimental passou de 8 para 21 (163% de aumento). Se a análise for feita com base em valores percentuais, pode-se facilmente afirmar que o grupo controle apresentou ganho superior ao experimental, contrariando as análises estatísticas apresentadas no subitem anterior, porém, essa pesquisa envolve ensino e percentuais podem não

ser um bom parâmetro para essa análise. Vamos considerar a seguinte hipótese: duas turmas X e Y cada uma com 20 alunos. A turma X obteve acréscimo do número de alunos acima da média da ordem de 300% após uma intervenção (2 para 6 alunos acima da média). A turma Y aumentou apenas 100% (6 para 12). Em termos percentuais, a turma X sobressaiu em relação à turma Y, porém, em um universo de 20 alunos apenas 6 estão acima da média, o que representa 30% da turma. Ao contrário, a turma Y passou de 6 para 12 – 60 % da turma. Transferindo essa análise para os dois grupos envolvidos nessa pesquisa, temos ao final do período de instrução um total de 26% dos alunos do grupo controle acima da média e 41% do experimental, dados estes representados na Tabela 17.

Figura 52: Alunos acima da média – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

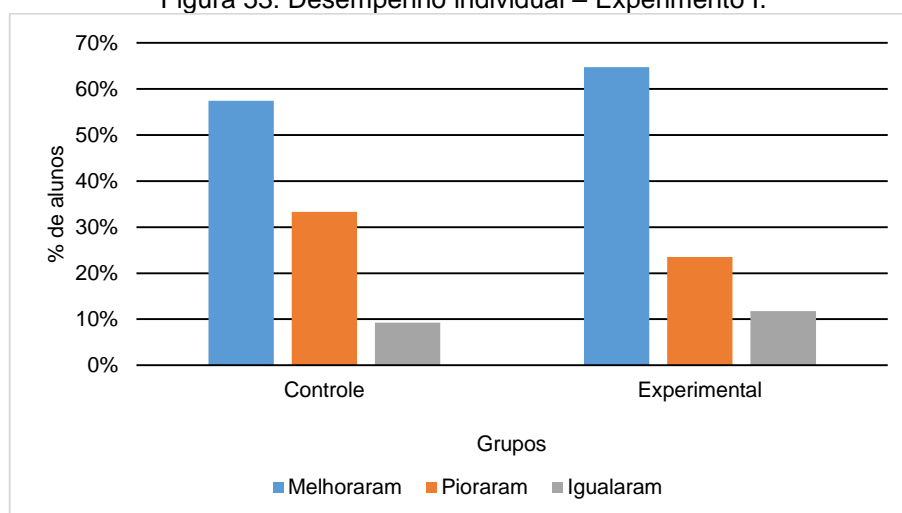
Tabela 17: Desempenho das turmas – Experimento I.

	Total de alunos	Alunos acima da média		% em relação ao número de alunos		Rendimento ≠ pré e pós-teste
		Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	
Controle	54	5	14	9%	26%	17%
Experimental	51	8	21	16%	41%	25%

Fonte: elaborada pelo autor.

Os dados presentes na tabela acima corroboram as análises estatísticas realizadas anteriormente, fato esse também observado ao analisar o desempenho individual dos alunos – Figura 53. Novamente, observa-se ganhos nos dois grupos sendo que no experimental um maior percentual de alunos melhorou seu rendimento.

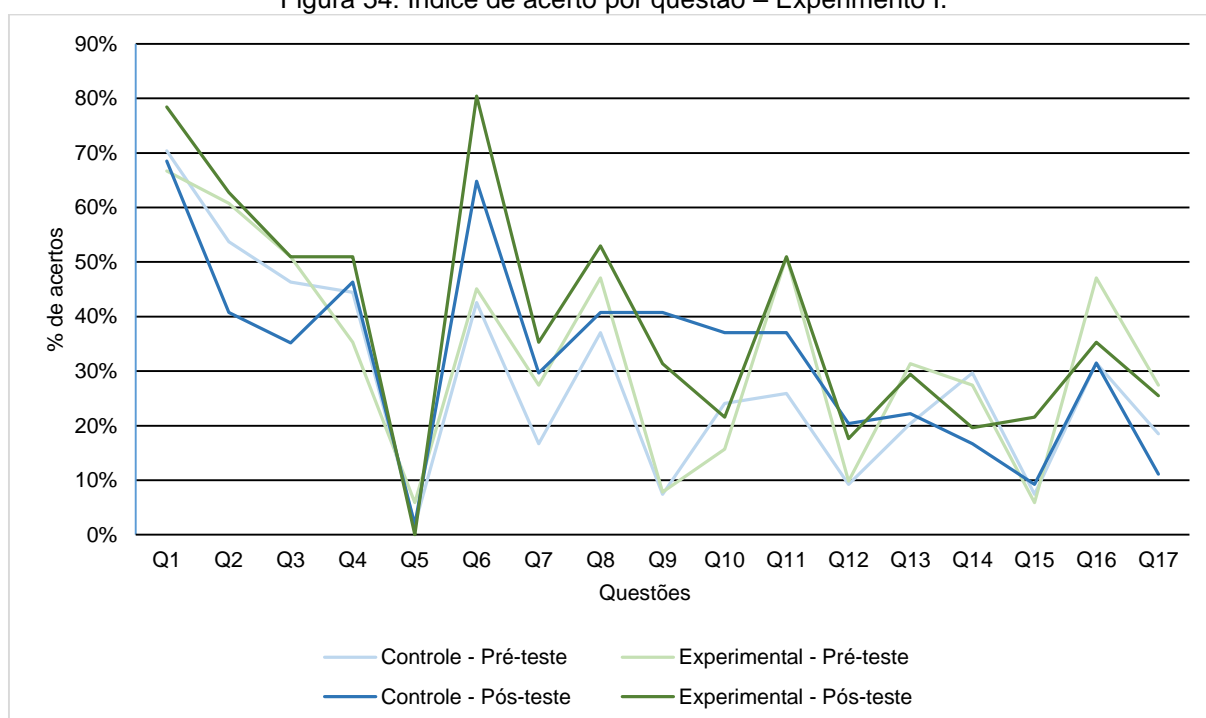
Figura 53: Desempenho individual – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

A melhora no desempenho dos alunos de ambos os grupos pode também ser visualizada na Figura 54, que apresenta o índice de acerto por questão nos dois momentos de coleta de dados (pré e pós-teste).

Figura 54: Índice de acerto por questão – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

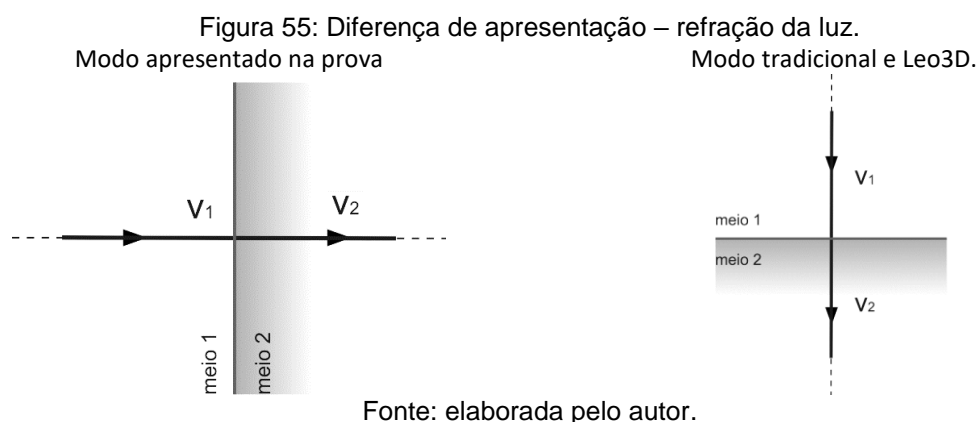
O gráfico mostra um maior índice de acerto dos grupos no pós-teste, porém, algumas considerações devem ser feitas. A primeira é o ponto de convergência visualizado na questão #5 (Q5), que apresentou alto índice de erros tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Uma análise textual da questão não indicou erros de gramática ou equívocos no enunciado que pudesse inferir no baixo desempenho, porém, ao

analisar as respostas dadas à questão, observa-se que as concepções alternativas sobre espelhos planos podem ter induzido os alunos a optarem pelas alternativas incorretas. Como esse artefato está presente no dia-a-dia dos estudantes, acredita-se que eles utilizaram seus conhecimentos prévios sobre o assunto para resolver a questão, desconsiderando assim o caráter científico e as leis da física que regem o fenômeno de reflexão, mesmo após os períodos de intervenção.

Dentre as alternativas possíveis, a letra E foi considerada correta por esse pesquisador e pelos UFE, tendo em vista que o enunciado não apresentava dados suficientes para afirmar que o observador conseguiria visualizar o reflexo da vela no espelho. Se esses dados estivessem presentes ou se eles fossem desconsiderados, utilizando apenas o traçado de retas para representar o campo de visão do observador, a alternativa mais correta seria a letra C, no qual a imagem da vela está “atrás” do espelho. O que foi observado após a compilação dos dados é que a grande maioria dos alunos (88% no pré-teste e 72% no pós-teste) optou pelas alternativas A e B, o que reforça o conceito das concepções alternativas. Resultados semelhantes foram obtidos por Palacios, Cazorla e Madrid (1989) e Goldberg e Mcdermott (1986), estes últimos que estudaram a dificuldade dos alunos para entender o processo de formação de imagens em espelhos planos. Segundo os autores, a maioria dos alunos afirmou que a imagem é formada na superfície ou em frente ao espelho. Harres (1993) confirma essa retórica e ainda aponta para a dificuldade em compreender que a imagem espelhos planos é formada “dentro” dele, ou “atrás” dele, sendo assim chamada de imagem virtual.

A segunda consideração a ser feita é o comportamento que pode ser observado no conjunto de questões que abordam refração da luz (Q13 a Q17). Ambos os grupos apresentaram rendimento inferior ou similar em quase todas as questões no pós-teste. Uma das possíveis explicações para esse fenômeno pode estar associada ao número de alternativas disponíveis (6 ao invés de 5) ou na forma como as imagens foram apresentadas – passagem da luz na vertical ao invés da horizontal. A Figura 55 apresenta os dois modos de representação do fenômeno. A primeira como ele foi abordado no instrumento avaliativo. A segunda, como ele é normalmente abordado em sala de aula, livros didáticos e no Leo3D. Essa inversão de eixos pode ter confundido os alunos durante a resolução da questão, apesar da reta normal (linha

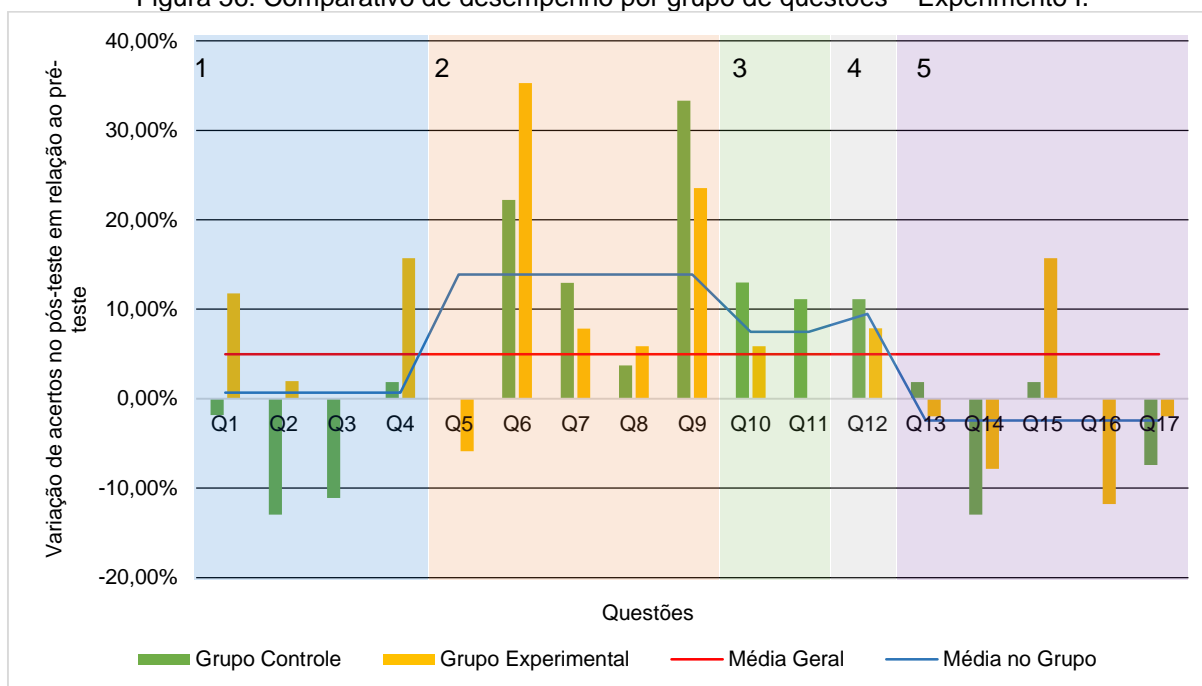
tracejada) estar presente nas ilustrações do instrumento avaliativo e ser utilizada como referência para a resolução da questão.



Em relação ao Teste Piloto, no qual as questões #5 e #9 apresentaram ganhos significativos no pós-teste em relação ao pré-teste, o mesmo comportamento não foi observado no Experimento I (questões #7 e #13). A Q7 apresentou ganhos no pós-teste em relação ao pré-teste, porém, nada expressivo como no Teste Piloto. A Q13 em contrapartida apresentou rendimento similar para o grupo controle e queda de desempenho no grupo experimental. Essa diferença entre o Teste Piloto e o Experimento I nessas questões em específico sugerem que o Leo3D facilitou no processo de revisão de conteúdos para as turmas que já haviam estudado OG, tendo em vista que elas haviam passado por um processo de instrução que utilizou apenas métodos tradicionais de ensino (quadro-negro e giz).

Outra análise passível de ser realizada considerando ainda os dados sobre o índice de acerto por questões, é o desempenho de cada grupo frente aos conteúdos de OG. A Figura 56 apresenta esses dados obtidos pela diferença de escores entre o pós-teste e o pré-teste. Valores negativos indicam queda de rendimento no pós-teste, enquanto valores positivos ganho de rendimento. A ausência da informação indica rendimento igual nos dois momentos. Adicionalmente, linhas de média foram adicionadas ao gráfico. Estas representam ganho médio geral e a média por grupo de questões. Essas linhas fornecem uma visão geral do comportamento de cada grupo frente ao todo. O gráfico foi subdividido em cinco quadrantes de acordo com os conteúdos abordados pelo instrumento de avaliação. São eles: 1) propagação da luz; 2) espelhos planos; 3) espelhos esféricos; 4) propagação/dispersão da luz e espelhos planos; 5) refração da luz.

Figura 56: Comparativo de desempenho por grupo de questões – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando o desempenho no conteúdo “Propagação da luz”, questões 1 a 4, observa-se maior rendimento do grupo experimental. Nas questões relacionadas a espelhos planos (Q5 a Q9), um equilíbrio entre os grupos pode ser visualizado. O grupo controle sobressaiu-se nas questões 7 e 9, enquanto o grupo experimental nas questões 6 e 8. A Q5 foi desconsiderada pois uma análise detalhada já foi realizada. As questões 10 e 11 abordam espelhos esféricos. Nestas questões, o grupo controle obteve rendimento superior ao experimental. Esse baixo rendimento do grupo experimental pode estar associado a forma simplória com que o conteúdo foi abordado no Leo3D, devido à falta de recursos na Unreal destinada à criação de espelhos esféricos. A Q12, que aborda diversos conceitos sobre OG em um único enunciado, apresentou ganhos expressivos nos dois grupos. Por último, nas questões referentes à refração da luz (Q13 a Q17), verificou-se a eficiência do Leo3D na compreensão do conteúdo. Em termos gerais, é possível observar um equilíbrio entre os dois grupos. Porém, se considerarmos o desempenho médio como fator de desempate, o uso do Leo3D proporcionou ao grupo experimental melhor rendimento no pós-teste em relação ao pré-teste, tendo esse obtido resultados positivos acima da média geral em nove das dezessete questões. O grupo controle nessa situação ficou acima da média geral em apenas seis questões.

#### 7.2.4 Análise da questão #18 – Experimento I

Como visto no subitem 6.1, a questão # 18 apresenta três objetivos básicos. São eles: i) analisar o traçado dos raios no enunciado e verificar se os alunos apresentam concepções alternativas em relação ao processo de visão; ii) verificar a expressão oral do conteúdo de física, à medida que o aluno deverá explicar com suas palavras o fenômeno apresentado; iii) fazer uma análise de discurso procurando evidências de que a ferramenta desenvolvida auxiliou na resolução da questão

O desempenho dos dois grupos nessa questão aumentou de forma expressiva entre o pós-teste e o pré-teste. A Tabela 18 apresenta esses dados.

Tabela 18: Índice de acerto na questão #18 – Experimento I.

	<b>Total de alunos</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Variação</b>	<b>% em relação ao grupo</b>
Controle	54	11	23	109%	43%
Experimental	51	8	20	150%	39%

Fonte: elaborada pelo autor.

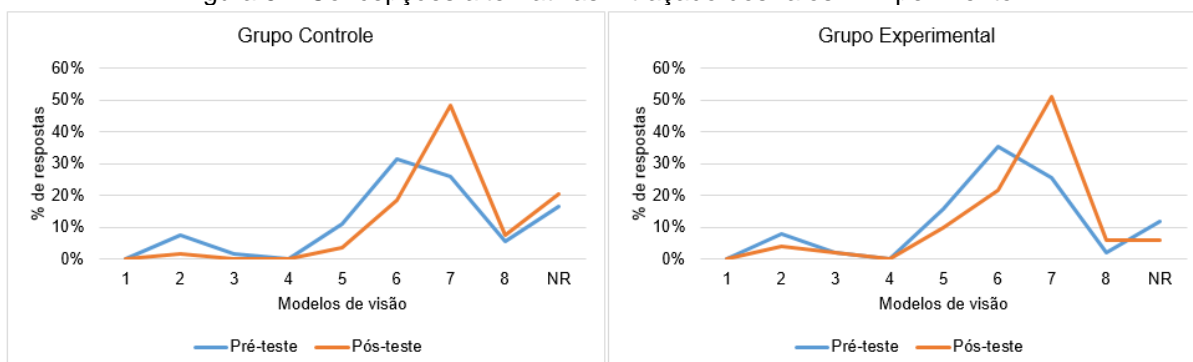
É possível visualizar que o grupo experimental foi o que apresentou o maior ganho entre o pré-teste e o pós-teste (150%), porém, o grupo controle ao final do período de intervenção, foi o que apresentou o maior percentual de alunos que acertaram a questão. Entre os 54 alunos presentes neste grupo, 23 acertaram a questão no pós-teste, contra apenas 20 do grupo experimental, em um universo de 51 alunos. Em termos percentuais, 43% do grupo controle acertou a questão contra apenas 39% do experimental. Mesmo apresentando índice inferior no grupo experimental, esse resultado não pode ser descartado, tendo em vista que mais do que o dobro de alunos no pós-teste acertou a questão em relação ao pré-teste. Esse resultado sugere que o LDV “Por que enxergamos?” deve ser repensado de forma a possibilitar novos experimentos para compreensão do fenômeno.

A análise do traçado dos raios que buscou informações sobre concepções alternativas no processo de visão, mostrou um desempenho bem semelhante entre os grupos. No pré-teste a maioria dos alunos desenhou o modelo 6 (conhecido como banho de luz - Figura 42, p. 110. De acordo com este modelo, somente a presença da luz é suficiente para enxergarmos, não havendo necessidade do fenômeno reflexão. Esse resultado corrobora os apresentados por Gircoreano e Pacca (2001), que relataram ser comum os alunos apontarem a luz como responsável pelo processo no



qual enxergamos. Após o período de intervenção, a maioria dos alunos desenhou o modelo 7 para explicar o fenômeno. A Figura 57 apresenta as respostas. O modelo 8 presente no gráfico indica um traçado de raios que não coincide com nenhum dos modelos propostos por Dedes (2005) e o NR a ausência dos traçados.

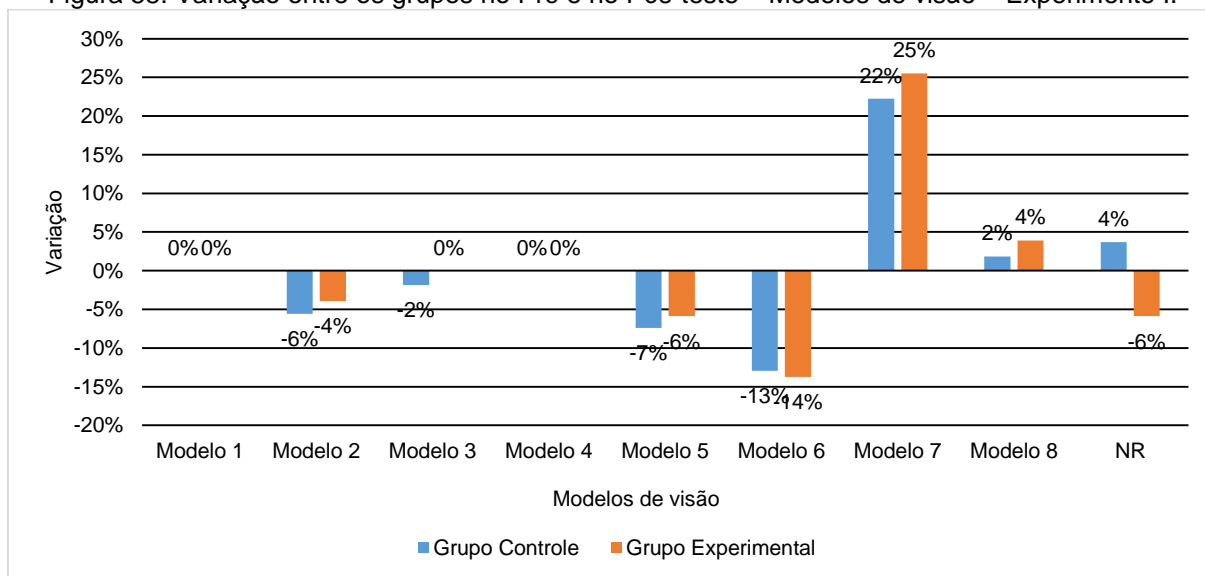
Figura 57: Concepções alternativas – traçado dos raios – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

Os gráficos mostram que os grupos apresentaram ganhos após o período de intervenção, com grande parte dos alunos migrando dos modelos 5 e 6 para o modelo 7, modelo este considerado correto. A pequena diferença observada entre o grupo controle e o experimental mostra que os dois métodos de intervenção aqui estudados foram eficientes na explicação do fenômeno. Essa afirmação pode ser comprovada na Figura 58, na qual mostra-se a variação entre os momentos de intervenção dos dois grupos, tendo entre eles uma diferença de apenas três pontos percentuais (25% experimental e 22% controle).

Figura 58: Variação entre os grupos no Pré e no Pós-teste – Modelos de visão – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

Adicionalmente, a Figura 57 permite visualizar que nenhum aluno associou o processo de visão à capacidade do olho emitir feixes luminosos (modelo 1), como proposto pelos contínuos, uma corrente filosófica que era contrária à ideia do atomismo propostas por Leucipo (480-420 a.C) e Demócrito (460-370 a.C) (CRUZ SILVA, 2009). Apesar do modelo 1 ser bem antigo, este ainda está presente em alguns alunos (ALMEIDA; CRUZ; SOAVE, 2007).

A análise da expressão oral do conteúdo abordado na questão mostrou que um pequeno número de alunos que acertou o traçado dos raios não conseguiu explicar o fenômeno com suas palavras. A Tabela 19 apresenta esses dados, no qual para cada grupo, o primeiro número indica o total de alunos que se enquadram nessa situação e, o segundo, a porcentagem em relação ao grupo.

Tabela 19: Interdisciplinaridade entre o português e a física – Experimento I.

	Controle	Experimental
Pré-teste	3 – 6%	5 – 10%
Pós-teste	3 – 6%	6 – 12%

Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar do pequeno número de alunos na situação supracitada, o que se pode observar é um baixo nível de detalhamento do fenômeno apresentado. Respostas muito curtas utilizavam palavras como “bate” e “vai”, como **“a luz bate no livro e vai para o olho”**. Vale ressaltar que a luz não “bate” em ninguém e muito menos “vai” para algum lugar. Ela incide sobre um objeto e é refletida em outra direção. Essa dificuldade de expressão corrobora os apontamentos de Santos Neto e Franco (2010), os quais relataram que um grande número de alunos apresentam dificuldades de escrita. Apesar da simplicidade na resposta, elas foram consideradas corretas.

A última análise em relação à Questão #18 buscou referências diretas ao Leo3D na resposta da questão. Os dados coletados não apresentaram nenhuma menção, o que corrobora com os presentes na Tabela 18 e ratificam que o Leo3D não conseguiu transmitir de forma satisfatória o motivo pelo qual enxergamos por meio do LDV “Por que enxergamos?”. Referências indiretas, como a cor da capa do livro em relação à cor da fonte de luz, foram novamente encontradas, porém, como o enunciado não menciona cores, essas foram desconsideradas.

### 7.2.5 Análise do Leo3D em alunos com dificuldades de aprendizagem

Por último, foi avaliado o emprego do Leo3D em alunos com dificuldades de aprendizagem. Não foi possível avaliar sua eficiência em alunos com NE, pois não haviam estudantes com laudos que comprovassem essa situação nas turmas envolvidas na pesquisa.

Após a compilação de todas as atas dos três primeiros bimestres letivos de 2017, identificou-se ao todo 33 alunos com dificuldades de aprendizagem. Destes, 25 encontravam-se no grupo controle e 8 no grupo experimental. Após o período de instrução, observou-se melhora no rendimento em 52% dos alunos do grupo controle frente a 63% do grupo experimental. A Tabela 20 apresenta esses dados.

Tabela 20: Resumo dos alunos com dificuldades de aprendizagem – Experimento I.

<b>Alunos apontados com dificuldades de aprendizagem em física</b>		
Amostragem total	105	
Alunos com dificuldades	33	31%
• Grupo Controle	25	24%
• Grupo Experimental	8	8%
Alunos que apresentaram melhora no desempenho após o período de intervenção		
• Grupo Controle	13	52%
• Grupo Experimental	5	63%

Fonte: elaborada pelo autor.

### 7.2.6 Avaliação da ferramenta – EGameFlow

A última etapa do Experimento I refere-se à avaliação da ferramenta por meio do *EGameFlow* (Apêndice XXVI). Os dados coletados neste instrumento fornecem dois tipos de avaliação. A primeira, uma visão da experiência dos usuários ao utilizar o Leo3D. A segunda, uma avaliação propriamente dita da ferramenta. Para a primeira avaliação, os dados coletados no *EGameFlow* foram agrupados por turmas, gênero dos alunos e tipo de usuário (professor ou aluno). Os dados dessa avaliação são apresentados na Tabela 21, a qual, além da média de cada grupo por dimensão, apresenta também a média geral da dimensão.

Ao analisar os dados presentes na tabela, percebe-se que os alunos da Informática e Agrimensura foram os que ficaram mais concentrados. Entre os gêneros, ambos ficaram próximo a média geral, comportamento distinto do grupo atores nos quais os alunos se aproximaram da média, enquanto os professores não. Na

dimensão objetivos, todos os alunos ficaram próximos à média geral. Os professores não apresentaram o mesmo comportamento ou não conseguiram visualizar à contento os objetivos apresentados em cada laboratório ou fase do JED. O mesmo comportamento se observa nas dimensões *feedback* e desafios. Na autonomia, que avalia indiretamente a jogabilidade, percebe-se que os alunos da Agropecuária, os do sexo feminino e os professores apresentaram médias inferiores à média geral. Isso pode ser explicado pelo fator tecnológico e pelo tipo de JED desenvolvido. Enquanto alunos do sexo masculino e dos cursos de Informática e Agrimensura estão mais acostumados a jogos de entretenimento, os alunos da Agropecuária e do sexo feminino não, fato observado durante às intervenções nos quais esses grupos apresentaram dificuldades ao operar teclado e mouse simultaneamente. Esse comportamento não foi generalizado, mas observado com maior frequência nesses grupos. No caso dos docentes, um dos professores envolvidos não conseguiu operar simultaneamente o teclado e o mouse. A dimensão imersão foi a que apresentou a menor média geral. Os resultados dessa análise mostram que há pontos que devem ser melhorados no Leo3D. Sobre a melhoria no processo ensino/aprendizagem, todos indicaram que o JED desenvolvido ajudou no processo de compreensão dos conteúdos de OG.

Tabela 21: Médias das dimensões por grupo - *EGameFlow*

<b>Dimensões</b>	<b>Média Geral</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Agrimensura</b>	<b>Informática</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Alunos</b>	<b>Professores</b>
Concentração	5,11	4,79	5,11	5,38	5,06	5,00	5,07	4,67
Objetivos	6,24	6,02	6,39	6,19	6,08	6,58	6,25	3,88
<i>Feedback</i>	5,51	4,99	5,68	5,69	5,76	5,20	5,47	3,00
Desafios	5,34	5,15	5,38	5,42	5,50	5,13	5,32	2,50
Autonomia	5,36	4,40	5,62	5,76	5,79	4,60	5,24	2,83
Imersão	4,57	4,70	4,50	4,59	4,65	4,53	4,60	3,13
Interação Social	5,28	5,07	5,67	4,82	5,60	5,27	5,29	3,50
Melhorias no Aprendizado	5,72	5,09	5,86	6,05	5,75	5,42	5,63	5,50

Fonte: elaborada pelo autor.

Para facilitar a visualização dos dados presentes na Tabela 21, o método gráfico conhecido como *Chernoff Faces* (faces de Chernoff), criado por Herman Chernoff em 1973, foi utilizado. Esse método associa cada ponto de um espaço k-dimensional a um esboço da face humana (BOMTEMPO, 2015). Dessa forma, cada variável de um instrumento avaliativo é representada por um elemento da face

humana (boca, nariz, olhos, entre outros). A composição final da face gerada permite avaliar o desempenho de cada variável/dimensão e fornecer um cenário para que a face gerada seja comparada com as faces de satisfação máxima e insatisfação total.

O gráfico de faces foi gerado no programa estatístico R que considera 15 elementos para composição da face humana. Cada elemento possui valores que variam entre 1 e 7, sendo 1 a pior avaliação e 7 a melhor avaliação. Como o *EGameFlow* possui apenas 8 dimensões, alguns elementos da face humana tiveram seus valores fixados em 7. A escolha desses elementos foi feita de forma aleatória buscando ao final um gráfico que apresentasse diferenças entre as faces que poderiam ser facilmente identificadas. A Tabela 22 apresenta os elementos da face humana utilizados pela ferramenta R e a dimensão do *EGameFlow* que foi associada a ela. Os elementos com valores fixados são aqueles que não possuem correlação com *EGameFlow*. Os demais elementos tiveram os dados da Tabela 21 arredondados em uma casa decimal.

Tabela 22: Dimensões e elementos do *Chernoff faces* – Experimento I.

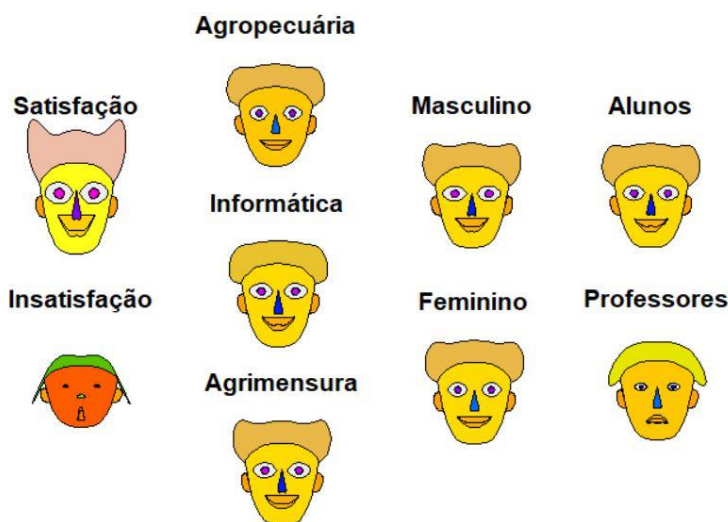
<b>Elemento da face humana</b>	<b>Dimensão do <i>EGameFlow</i></b>
Altura do rosto	Concentração
Largura do rosto	Valor fixado
Estrutura do rosto	Valor fixado
Altura da boca	Valor fixado
Largura da boca	Objetivos
Sorriso	<i>Feedback</i>
Altura do olho	Desafios
Largura do olho	Autonomia
Altura do cabelo	Imersão
Largura do cabelo	Valor fixado
Estilo do cabelo	Interação social
Altura do nariz	Aprendizado
Largura do nariz	Valor fixado
Largura da orelha	Valor fixado
Altura da orelha	Valor fixado

Fonte: elaborada pelo autor.

O gráfico de faces de Chernoff resultante do R é mostrado na Figura 59. Adicionalmente às faces dos grupos elencados, duas novas foram acrescentadas. A primeira, denominada satisfação, representa o estado máximo de satisfação que um grupo pode alcançar, com todos os elementos da face fixados no seu valor máximo (7). A segunda, insatisfação, representa a pior experiência que o grupo pode passar, com todos os elementos da face fixados no seu valor mínimo (1). Os termos

“satisfação” e “insatisfação” foram adotados devido à origem do *EGameFlow*, que se baseia na teoria de fluxos apresentada pelo psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi em 1990 (ALVES E BATTAIOLA, 2011).

Figura 59: Faces de Chernoff do *EGameFlow* – Experimento I.



Fonte: elaborada pelo autor.

A análise das faces apresentadas na Figura 59 permite identificar de forma rápida quais grupos aproveitaram a experiência ao jogar. Entre os cursos, os alunos da Agrimensura foram os que mais sentiram prazer ao utilizar o Leo3D, acompanhados pelos da Informática e em seguida, pelos da Agropecuária. Esses resultados podem estar associados ao perfil do curso, mais prático para o curso de Agropecuária e mais tecnológico para os cursos de Informática e Agrimensura, sendo que no caso da Informática aulas em laboratórios são atividades comuns.

Entre os gêneros, o sexo masculino foi o que mais aproveitou o Leo3D. Uma das explicações para isso pode estar associada ao *gameplay* do JED desenvolvido, terceira pessoa que se aproxima de jogos como *GTA* e *Counter Strike*. Esses jogos são mais apreciados pelo sexo masculino.

No grupo atores, percebe-se facilmente que os alunos tiveram uma experiência muito mais agradável ao utilizar o Leo3D do que os professores. Esse comportamento reforça a questão dos imigrantes digitais frente aos nativos digitais. Jogos eletrônicos estão mais próximos dos alunos do que dos professores, principalmente ao analisar a dimensão autonomia, no qual mostra a dificuldade em jogar. Esse resultado é um bom parâmetro para ações públicas em prol do ensino, no qual não basta apenas

apresentar novas estratégias e planos para o ensino, mas sim uma capacitação dos docentes no uso dessas tecnologias.

A segunda avaliação fornecida pelo *EGameFlow* fornece uma visão geral sobre o Leo3D. Diferentemente da primeira avaliação no qual os dados foram agrupados por grupos, nesta os dados foram agrupados por dimensões e cada dimensão retrata um aspecto da ferramenta. Os dados resultantes dessa análise são apresentados da mesma forma que Sanches, Faêda e Machado (2017), utilizando o método de frequência relativa. A Tabela 23 apresenta as dimensões e a frequência de distribuição obtida. A seguinte legenda foi utilizada: Discordo Totalmente (DT), Discordo Parcialmente (DP), Indiferente (IN), Concordo Parcialmente (CP) e Concordo Totalmente (CT). Como o instrumento avaliativo possui uma escala de variação de 1 a 7, onde 1 refere-se a DT e 7 a CT, os valores referentes à DT foram obtidos pela soma dos escores 1 e 2, e os valores de CT pela soma dos escores 6 e 7.

Tabela 23: Respostas do *EGameFlow* no Experimento I.

	DT	DP	IN	CP	CT
Concentração	11%	5%	13%	18%	52%
Objetivos	0%	0%	7%	13%	80%
Feedback	1%	4%	23%	16%	55%
Desafios	11%	4%	11%	16%	59%
Autonomia	10%	5%	12%	14%	58%
Imersão	22%	8%	14%	13%	43%
Interação social	13%	3%	11%	11%	62%
Melhoria no aprendizado	6%	2%	9%	16%	66%
Média geral	9%	4%	13%	15%	59%

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados obtidos nessa segunda análise do *EGameFlow* mostram que a maioria dos alunos ficou concentrada ao utilizar o Leo3D (52%) e que todos os objetivos das fases ou laboratório foram apresentados de forma clara (80%). O mesmo comportamento é observado nas dimensões *feedback* (55%), desafios (59%) e autonomia (58%), sendo este último o responsável pela avaliação da jogabilidade do Leo3D. A categoria imersão, que avalia a capacidade do Leo3D gerar uma experiência agradável de utilização e fazer com que os alunos se envolvam com a ferramenta, foi a que apresentou o pior rendimento (43%), porém, este valor ainda é superior aos demais dentro do item. Nessa dimensão, cerca de 22% das respostas indicaram que o Leo3D não conseguiu prender a atenção dos alunos, ou seja, eles estavam utilizando o JED, porém, com pensamentos em outros afazeres. Em termos de interatividade social, o Leo3D cumpriu seu papel, à medida que 62% dos alunos

criaram relações para ajudar na execução das tarefas apresentadas. Neste ponto, vale ressaltar que a ferramenta não possui nenhum recurso de comunicação ou interação digital e que a interação proporcionada foi interpessoal, ou seja, extrapolou o mundo digital e passou para o mundo real, algo muito proveitoso para uma geração voltada às mídias sociais. Já 66% dos alunos acreditam que o Leo3D melhora o processo ensino/aprendizagem, contra 6% que não concordam. Em uma análise geral considerando-se as médias, pode-se afirmar que a maioria dos alunos (59%) concordou totalmente com a utilização do Leo3D. Se considerarmos a Tabela 23 com a agregação das respostas em três níveis de avaliação, negativa (DT e DP), neutra (IN) e positiva (CP e CT), temos que 74% dos alunos tiveram uma opinião favorável (positiva) sobre o jogo.

A análise do JED proposto por meio do *EGameFlow*, além de proporcionar uma visão holística do sistema, permite também identificar pontos fracos que devem ser melhorados. No caso do Leo3D, observa-se que a imersão foi o ponto mais fraco do sistema e este é considerado ponto chave em qualquer software educacional, pois ele é o principal motivador e conseqüentemente, facilitador do processo ensino/aprendizagem.

### **7.3 Experimento II**

Diferentemente dos experimentos anteriores, no qual o Leo3D foi integrado à prática docente, esse experimento avaliou a utilização da ferramenta como instrumento de autoinstrução e seu potencial para o EaD. Ao todo, 29 alunos de uma turma de Informática do 2º ano do EM participaram da pesquisa, porém, apenas 23 tiveram seus dados considerados. Os demais alunos não estavam presentes no pré ou pós-teste.

A intervenção teve duração de 10 aulas e, neste período, os alunos tiveram acesso a um roteiro de estudos previamente elaborado que os conduzia na construção do conhecimento sobre OG utilizando o Leo3D. Seguindo os moldes do EaD utilizado no IFSULDEMINAS, no qual para cada conteúdo novo disponibilizado nos ambientes virtuais um fórum de debate é criado, ao final de cada aula, os alunos eram instigados a debaterem os conteúdos visualizados no ambiente. Durante todo o período da intervenção, o autor dessa pesquisa esteve presente na sala de aula. Como uma única



turma foi utilizada no experimento, não houve necessidade da aplicação do teste ANOVA. Apenas o teste  $t$  foi utilizado para avaliar o desempenho da turma no pós-teste em relação ao pré-teste. Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 24. As seguintes hipóteses foram consideradas:

- $H_0: \mu_A = \mu_I$  (não houve ganhos no processo ensino/aprendizagem),
- $H_1: \mu_A \neq \mu_I$  (houve ganhos no processo ensino/aprendizagem).

Tabela 24: Teste t de Student – Experimento II.

	Pré-teste	Pós-teste
Média	5,3913	5,3478
Stat t	0,0801	
Valor-p	0,9369	
t crítico bi-caudal	2,0739	

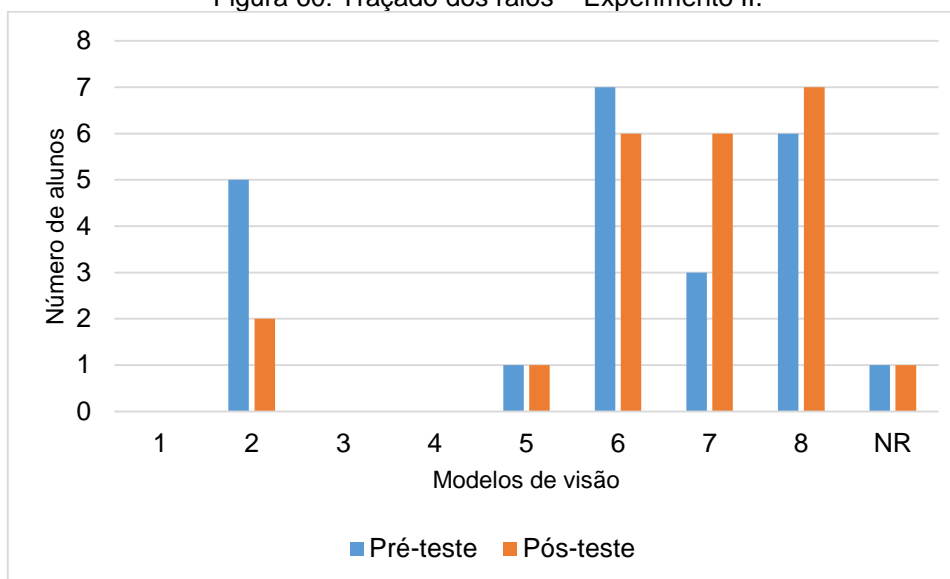
Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar os resultados apresentados na tabela acima, percebe-se que a média da turma no pós-teste foi ligeiramente menor do que no pré-teste (5,34 frente a 5,39). Essa informação já era suficiente para mostrar que o Leo3D não contribuiu para a construção do conhecimento em turmas de EaD, porém, mesmo assim o *valor-p* (0,9369) foi calculado e este mostrou que não há evidências para rejeitar a  $H_0$  e aceitar que o Leo3D possa ser utilizado em ambientes de EaD.

Em relação à resposta da questão aberta (questão #18), esta apresentou ganhos no pós-teste em relação ao pré-teste. Dos 23 alunos que participaram da pesquisa, 11 acertaram a questão no pós-teste, contra apenas 06 no pré-teste. Apesar desse aumento no número de acertos, os dados mostram que menos da metade da turma acertou a questão (~42%).

O traçado dos raios, outro aspecto considerado nessa questão, apresentou melhoras nos pós-teste em relação ao pré-teste, como pode ser visualizado na Figura 60. Apesar da melhora, a maioria dos alunos desenhou um modelo inexistente (modelo 8) dos referenciados por Dedes (2005). A única mudança positiva foi a redução no número de alunos que desenhou o modelo 2 no pós-teste, modelo no qual o nosso olho emite luz. Estes resultados mostram novamente que o LDV “Por que enxergamos?” não conseguiu transmitir de forma eficiente o conceitos relacionados ao fenômeno pelo qual enxergamos e reforçam a tese de que melhorias nesse laboratório devem ser realizadas.

Figura 60: Traçado dos raios – Experimento II.



Fonte: elaborada pelo autor.

Um dos motivos para o baixo rendimento pode estar associado à falta do experimento compor a nota bimestral da disciplina. Aliado a esse fator, adicione a certeza da revisão do conteúdo em sala de aula pelo docente da disciplina. Dessa forma, os alunos podem não ter se empenhado nos momentos de intervenção. Diferentemente do Experimento I, esses alunos não contaram com a participação do docente para serem estimulados na busca pelo conhecimento.

#### 7.4 Experimento III

O último experimento realizado com os alunos buscou avaliar se a reaplicação de um instrumento de avaliação influencia na nota em um segundo momento. Caso essa influência fosse confirmada, a realização de pré-testes e pós-testes utilizando os mesmos instrumentos seria considerada uma prática equivocada em pesquisas, pois nos resultados do pós-teste estariam presentes esse ganho. Para avaliar essa hipótese, 21 alunos da turma de Alimentos do 2º ano do EM responderam ao pré-teste e ao pós-teste sem nenhum tipo de intervenção sobre o conteúdo de OG. O pós-teste foi aplicado 15 dias após o pré-teste. Assim como o Experimento II, apenas o teste  $t$  foi utilizado para avaliar o desempenho da turma nos dois momentos. Nesse experimento, os dados da questão aberta (Q18) não foram considerados. Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 25, considerando as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_A = \mu_I$  (não houve ganhos no pós-teste em relação ao pré-teste),
- $H_1: \mu_A \neq \mu_I$  (houve ganhos no pós-teste em relação ao pré-teste).

Tabela 25: Teste  $t$  de Student – Experimento III.

	Pré-teste	Pós-teste
Média	5,3333	5,8571
Stat t	-1,3092	
Valor-P	0,2053	
t crítico bi-caudal	2,0860	

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisar os valores presentes na tabela acima, percebe-se uma variação na média entre o pós-teste e o pré-teste da ordem de 0,52 pontos, valor este próximo a variação apresentada pelo grupo controle no Experimento I (0,66 pontos). Se esses valores fossem considerados, poder-se-ia afirmar que os alunos envolvidos no Experimento III, que não tiveram acesso ao conteúdo de OG, apresentaram resultados semelhantes ao do grupo que teve acesso ao conteúdo na forma tradicional, porém, ao analisar estatisticamente esses dois grupos, percebe-se uma distinção entre eles. O *valor-p* do grupo controle no Experimento I, que determina se os ganhos no processo foram significativos ou não, é cerca de 73% inferior ao *valor-p* do Experimento III (0,1181 frente 0,2053), o que mostra que o nível de aprendizado sobre OG do grupo controle no Experimento I foi muito mais significativo do que o dos alunos envolvidos no Experimento III.

Mesmo com essa variação na média apresentada pelos alunos no Experimento III, há evidências para rejeitar  $H_0$  e afirmar que a utilização de um mesmo instrumento avaliativo no pré-teste e no pós-teste são práticas que podem ser utilizadas em pesquisas que avaliam o desempenho de um grupo frente a um período de intervenção.

## 7.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou todos os resultados da utilização do Leo3D na prática docente. Diversos experimentos foram realizados a fim de mitigar a influência de variáveis mensuradas e não mensuradas que poderiam impactar nos resultados aferidos.

As análises estatísticas indicaram que o Leo3D contribuiu significativamente com o processo ensino/aprendizagem em turmas regulares do EM, dados esses

ratificados pelas análises descritivas, que mostraram também o comportamento desses alunos frente aos dois momentos de coleta de dados (pré e pós-teste). Diferentemente do ensino regular, no qual o aproveitamento foi significativo, no EaD o Leo3D não apresentou resultados expressivos. Diversas hipóteses podem estar associadas ao baixo rendimento, entre elas, falta de preparação dos estudantes para esse tipo de abordagem, impossibilidade de avaliação por meio de provas que iriam compor a nota bimestral, certeza da revisão dos conteúdos abordados por meio do processo tradicional (quadro-negro e giz) ou incapacidade da ferramenta em proporcionar um ambiente de autoinstrução. Para identificar o motivo do baixo rendimento, novas pesquisas devem ser conduzidas, mitigando essas variáveis. Adicionalmente aos resultados, a pesquisa identificou melhorias que devem ser realizadas na ferramenta, por exemplo, o LDV “Por que enxergamos?”, que não conseguiu transmitir de forma satisfatória os conceitos que embasam o processo de visão.

O próximo capítulo, Conclusões e Trabalhos Futuros, encerra esta tese apresentando as principais conclusões extraídas ao longo da pesquisa e possibilidades de novos trabalhos que podem melhorá-lo, confirmar ou refutar os dados aqui presentes. Outros resultados dessa pesquisa podem ser visualizados em Di Salvo e Serapião (2017) e Di Salvo *et al.* (2017).

## 8 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 8.1 Conclusões

O presente estudo mostrou os benefícios da utilização de ADMs em ambientes acadêmicos, suprimindo a carência de laboratórios físicos e permitindo que aulas se tornassem mais dinâmicas. Com a carência desse tipo de ferramenta que engloba não só laboratórios didáticos como também fases jogáveis, que remetem aos jogos de entretenimento, um dos objetivos iniciais dessa pesquisa foi verificar se a adoção do DP aliado ao processo incremental poderia contribuir para a aceitação de integração do *software* desenvolvido na prática docente. Os resultados obtidos mostraram que as escolhas do processo e da metodologia foram acertadas, pois possibilitaram que todas as demandas e perspectivas dos usuários finais fossem atendidas. Além disso, a ferramenta foi integrada à prática docente de forma “tranquila”, pois os docentes envolvidos no projeto atuavam nas turmas de 2º ano e planejaram suas aulas utilizando o JED. Essa integração permitiu que os conceitos de OG fossem trabalhados e visualizados de forma dinâmica no grupo experimental, fugindo do tradicional livro didático, quadro-negro e giz.

As avaliações quantitativas relacionadas a utilização da ferramenta em sala de aula, outro objetivo desta pesquisa, apresentaram resultados positivos em quase todos os experimentos. Dos quatro cenários propostos, apenas um não apresentou os resultados esperados – Experimento II – que avaliou o Leo3D em ambientes de EaD.

O Teste Piloto, que tinha como principal objetivo avaliar o desempenho da ferramenta em sala de aula, apresentou resultados importantes que deveriam ser considerados no momento das intervenções. Entre esses resultados, dois se destacaram. São eles: i) tempo de intervenção; ii) bloqueio da Internet. Quanto maior for o tempo de intervenção, maior a tendência de dispersão das turmas. Porém, esse tempo também não pode ser muito pequeno, pois inviabiliza a aplicação da ferramenta. Neste estudo, concluiu-se que o tempo ideal para utilização do Leo3D em sala de aula integrado à prática docente era de 90 minutos. Em relação ao bloqueio da Internet, apesar de contraditório quando o assunto é o uso de tecnologias digitais em sala de aula, mostrou-se indispensável devido à falta de preparo dos estudantes

em compreender que o uso de um JED em sala de aula proporciona ganhos de aprendizado, e não é somente um momento de diversão ou de atividade lúdica. Talvez esse comportamento esteja associado a formação que os mesmos tiveram, no qual o uso desse tipo de recurso foi pouco explorado ou aplicado de forma equivocada. Para confirmar essa premissa, novos estudos devem ser conduzidos buscando identificar como as TICs foram utilizadas em sala de aula durante a formação desses alunos.

O Experimento I, que avaliou se o Leo3D proporcionou ganhos significativos no processo ensino/aprendizagem provendo assim uma aprendizagem significativa, mostrou que o grupo experimental, que teve acesso ao *software* durante o período de intervenção, apresentou ganhos significativos no processo. O grupo controle também apresentou ganhos após o período de intervenção, porém, as análises inferenciais mostraram que esse ganho não foi estatisticamente significativo. Dessa forma, há evidências para afirmar que o uso de ADMs contribuem para uma aprendizagem significativa, à medida que se aproximam de uma abordagem mais humanista, um dos pilares da teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel.

Adicionalmente, os resultados do Experimento I mostraram-se também favoráveis à adoção do Leo3D para alunos que apresentavam dificuldades de aprendizagem. No grupo experimental, aproximadamente 63% dos alunos melhoraram seus rendimentos após o período de intervenção. Não foi possível avaliar o JED desenvolvido em alunos com NE, tendo em vista a ausência desses nas turmas envolvidas no experimento. Dessa forma, pode-se concluir que os ADMs facilitam a compreensão de conteúdos em alunos com dificuldades, porém, não se pode afirmar que os mesmos contribuem para a inclusão.

O Experimento II, com objetivo de avaliar o Leo3D em ambientes de EaD, não apresentou resultados significativos após o período de intervenção. Alguns fatores podem ter contribuído para isso, entre eles, a impossibilidade de atribuir nota bimestral ao experimento e a certeza de que o conteúdo seria abordado novamente em sala pelo professor da disciplina. Outro fator que pode ter contribuído para os resultados obtidos é a idade dos alunos que participaram da pesquisa. Normalmente, o público alvo de EaD são alunos maiores de 18 anos. Os alunos que participaram do experimento possuíam faixa etária de 16 anos. Novas pesquisas utilizando a ferramenta em ambiente real de EaD poderão refutar ou confirmar esses dados.

Por último, o Experimento III avaliou se a releitura de uma mesmo instrumento avaliativo implicaria em ganhos significativos ou não no processo. Caso essa hipótese fosse confirmada, os resultados obtidos até então poderiam estar influenciados por esse erro, porém, o que se obteve após a compilação dos dados, é que a releitura não influencia significativamente no processo.

Já os resultados qualitativos, ou seja, aqueles não dimensionáveis por meio de notas ou análises estatísticas, mostraram que todos os grupos aprovaram a utilização do Leo3D integrado à prática docente. Dentre os cursos, os alunos que mais aproveitaram o jogo foram os do Técnico em Agrimensura, resultado esse inesperado quando presente no experimento alunos do Técnico em Informática. Uma hipótese para isso pode estar associado ao perfil dos cursos, no qual o uso de computadores no processo ensino/aprendizagem está mais inerente aos alunos da Informática. Os alunos do Técnico em Agropecuária aproveitaram, porém, em uma menor intensidade. Novamente, acredita-se que esse comportamento esteja diretamente relacionado ao perfil do curso.

Entre os gêneros, os alunos do sexo masculino foram os que mais aproveitaram a experiência ao jogar. Acredita-se que esse resultado está diretamente associado ao *gameplay* nativo do Leo3D, terceira pessoa, que remete a jogos de tiros no qual o gênero masculino está mais acostumado a jogar. Um dos fatores que corroboram essa afirmação é a dimensão autonomia avaliada por meio do *EGameFlow*, que indiretamente reflete à jogabilidade. O sexo feminino apresentou média nessa dimensão de 4,60 pontos frente a 5,79 do sexo masculino, tendo a média geral dessa dimensão o valor de 5,36.

Ao analisar os atores, percebe-se que o grupo dos alunos foi o que apresentou o maior prazer ao jogar. Esse resultado já era esperado, tendo em vista que a tecnologia está presente do cotidiano deles. No caso dos professores, o fator tecnológico pode ter influenciado nesse resultado. Vale ressaltar que os dois docentes foram formados em épocas distintas, porém, ambos não tiveram em suas graduações o uso de JEDs.

Em resumo, a utilização de ADM com LDVs e fases jogáveis que utiliza dos preceitos de MVT mostrou-se viável do ponto de vista pedagógico e os resultados encontrados no grupo experimental evidenciam que este grupo alcançou uma aprendizagem significativa. Isso não quer dizer que o grupo controle não a obteve,

porém, seguindo as premissas apresentadas no subitem 2.5, o Leo3D proporcionou um aprendizado ativo, construtivo, cooperativo, autêntico e intencional. Adicionalmente, as fases permitiram momentos de descontração, interação e revisão de conteúdos, que remetem diretamente à melhoria no processo ensino/aprendizagem.

## **8.2 Contribuições do trabalho**

Este trabalho contribuiu para o meio acadêmico ao proporcionar análises multivariadas a respeito da utilização de JEDs no processo ensino/aprendizagem. Apesar de todos os experimentos terem sido conduzidos em uma instituição de ensino federal, acredita-se que o mesmo público esteja presente em outras esferas da educação (rede estadual e particular).

Adicionalmente, foi possível comprovar os benefícios do DP aliado ao processo incremental no desenvolvimento de JED como o presente neste estudo. Além disso, a junção de laboratórios didáticos com fases jogáveis utilizando os preceitos de MVT proporcionaram um ambiente prazeroso do ponto de vista de utilização e capaz de proporcionar uma aprendizagem significativa.

## **8.3 Limitações do trabalho**

Apesar dos resultados positivos apresentados neste trabalho, algumas considerações devem ser feitas. A primeira, já mencionada, refere-se ao público alvo no qual os experimentos foram testados. Todos os alunos pertencem a rede federal de ensino e, o ideal neste tipo de pesquisa, é que o *software* seja testado em ambientes distintos, como a rede estadual e/ou a rede particular. Aspectos relacionados à infraestrutura, ao projeto pedagógico, à formação docente entre outros, podem inferir em resultados distintos dos alcançados aqui. Nesta pesquisa, tentou-se realizar alguns experimentos tanto na rede estadual quanto na particular, porém, não foram possíveis. Falta de infraestrutura e dificuldades em planejamento dos momentos de intervenção junto aos docentes dessas instituições, impediram os testes.



Outra limitação refere-se à utilização de ADMs em pessoas com NE. No momento em que os experimentos foram executados, 2º semestre de 2017, não haviam nas turmas elencadas alunos com NE. Os resultados apresentados no Experimento I referem-se apenas a alunos com dificuldades de aprendizagem na disciplina de Física. Experimentos envolvendo alunos com NE podem mostrar se o uso de ADMs contribuiu ou não para o processo ensino/aprendizagem.

Por último, alguns tópicos de OG não puderam ser abordados pela ferramenta ou não foram abordados de forma eficiente. Entre esses tópicos, pode-se citar a reflexão em espelhos esféricos. Até o momento em que o JED foi desenvolvido, a Unreal Engine conseguia realizar de forma satisfatória reflexão em superfícies planas, porém, em superfícies esféricas o resultado não era tão satisfatório. Essas limitações podem proporcionar interpretações equivocadas dos conceitos abordados, além de impedir que outros sejam trabalhados, por exemplo, o posicionamento de uma lâmpada em um espelho esférico.

#### **8.4 Trabalhos futuros**

Do ponto de vista de trabalhos futuros, novos testes utilizando o Leo3D devem ser realizados, de forma a avaliar o seu desempenho em escolas com perfis de alunos distintos. Vale ressaltar que todos os experimentos aqui realizados foram conduzidos dentro do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, uma instituição pública da rede federal de ensino.

Outro ponto a ser trabalhado é uma versão *web* do sistema, o que deixaria de exigir equipamentos com *hardware* específico, como no momento é necessário. Além disso, melhorias nas *interfaces* gráficas podem tornar o Leo3D mais atrativo e, conseqüentemente, melhorar a imersão provocada. Além disso, novas pesquisas devem ser conduzidas utilizando ADM com características similares ao Leo3D em áreas como química, biologia e matemática.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. E. Óptica e geometria dinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 3302, 2009.
- ALARCON, M. et al. Active learning in optics and photonics (ALOP): a model for teacher training and professional development. **SPIE Optical Engineering + Applications**, p. 778303-778303, 2010.
- ALDRICH, C. **Learning by doing**: A comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2005.
- ALMEIDA, V. A.; CRUZ, C. A.; SOAVE, P. A. Concepções alternativas em óptica. **Texto de Apoio ao Professor de Física, Porto Alegre**, v. 18, 2007.
- ALVES, L.; BIANCHIN, M. A. O jogo como recurso de aprendizagem. **Revista Psicopedagogia**, v. 27, p. 282-287, 2010.
- ALVES, M. M.; BATTAIOLA, A. L. Recomendações para ampliar motivação em jogos e animações educacionais. **SBC - Proceedings of SBGames 2011**, 2011.
- ANDRIOLLI, E. M.; RICHTER, A. P. H.; MACHADO, M. H. P. O uso de blogs como ferramenta educativa e colaborativa na educação profissional. **Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, v. 3, p. 3-11, 2016.
- ARAÚJO CAMARGO, L. S. D.; FAZANI, A. J. Explorando o Design Participativo como Prática de Desenvolvimento de Sistemas de Informação. **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 5, p. 138-150, 2014.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. [S.l.]: Rio de Janeiro, 1980.
- AZEVEDO, E. (Ed.). **Desenvolvimento de jogos 3D e aplicações em realidade virtual**. [S.l.]: Editora Campus, 2005.
- BABU, K. S.; MARUTHI, R. Lifecycle for Game Development to Ensure Enhanced Productivity. **International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering**, 2013.
- BAIA, R. D. S. M. et al. MOODLE no processo educacional de enfermagem: avaliação na perspectiva do alunado. **Enfermagem em Foco**, v. 8, 2017.
- BARCELOS, R. J. S. Ambiente Virtual de Aprendizagem 3D: proposta de Objeto de Aprendizagem para o Ensino de Algoritmos. **Outras Publicações**, 2010.
- BARROS, M.; FORMIGA, R.; NEVES, A. **Exergame Peggo-Desenvolvimento de Jogos de Exercício Físico-Funcional para Auxílio no Combate da Obesidade Infantil**. [S.l.]: [s.n.]. 2013. p. 411-417.
- BASTOS, M. L. et al. **Jogo Conhecendo o Espaço do Museu de Oceanografia**: utilizando interface natural no processo de ensino aprendizagem. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 555.
- BATTISTELLA, P. E. **ENgAGED: Um processo de desenvolvimento de jogos para ensino em computação**. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina. [S.l.]. 2016.
- BENMARRAKCHI, F. et al. Exploring the use of the ICT in supporting dyslexic students' preferred learning styles: A preliminary evaluation. **Education and Information Technologies**, v. 22, p. 2939-2957, 2017.

BODKER, S.; GRONBAEK, K.; KYNG, M. Cooperative design: techniques and experiences from the Scandinavian scene. **Participatory design: Principles and practices**, p. 157-175, 1993.

BOGGINO, N. A avaliação como estratégia de ensino. Avaliar processos e resultados. **Sísifo. Revista de Ciências da Educação**, v. 9, p. 79-86, 2009.

BOMTEMPO, M. S. Representação de dados multivalorados através das faces de chernoff. **Estação Científica**, jul. 2015.

BORDINI, R. A. et al. Musikinésia: Jogo Eletrônico para o Aprendizado de Teclado Musical. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**, v. 26, p. 647, 2015.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; LISBOA, E. S.; COUTINHO, C. P. O infográfico e as suas potencialidades educacionais. **IV Encontro Nacional de Hipertexto e Tecnologias Educacionais**, 2011.

BOZKURT, E.; ILIK, A. The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 2, p. 4587-4591, 2010.

BRANCALHONE, P. G.; FOGO, J. C.; WILLIAMS, L. C. D. A. Crianças expostas à violência conjugal: avaliação do desempenho acadêmico. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 20, p. 113-117, 2004.

BRASIL. Lei 9.394/96. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Brasil**, 1996.

BUENO, B.; BALESTRIN, A. Inovação colaborativa: uma abordagem aberta no desenvolvimento de novos produtos. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, 2012.

CARDOSO, S. O. D. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 891-934, 2012.

CARLOS, E. A. et al. Elemento Químico: Quantas Evidências! Um jogo como recurso didático para o ensino de química. **XXVIII Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química**, Poços de Caldas-MG, 2014.

CARLOS, E. A.; SOUSA, F. A. Aprendendo química de olhos fechados: relato de experiência de ensino de estequiometria a aluno deficiente visual. **37 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Natal-RN, 2014.

CARVALHO, H. C. W. et al. Tradução, adaptação cultural e análise de consistência interna do inventário de externalização. **Avaliação psicológica**, v. 6, 2007.

CLUA, E. W. G.; BITTENCOURT, J. R. Desenvolvimento de jogos 3D: Concepção, Design e Programação. **XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, 2005.

COSTA, D. et al. BAIUKA: Jogo Educativo de Lendas Amazônicas. **SBC - Proceedings of SBGames 2009**, v. 1, p. 67-76, 2009.

COSTA, L. D. G. D.; MIRANDA, J. C. C. Ensinando com Portais: Utilizando o jogo Portal 2 em aulas de Física. **SBC - Proceedings of SBGames 2017**, 2017.

CRUZ SILVA, B. V. Discutindo Modelos de Visão Utilizando a História da Ciência. **HOLOS**, v. 3, p. 180-190, 2009.

CUNHA, G.; BARRAQUI, L.; FREITAS, S. A. A. **Uso da gamificação nos anos iniciais do ensino fundamental brasileiro**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 1742.

CUNHA, J. A. et al. Ensino de força magnética por meio de jogos digitais que utilizam o Kinect. **SBC - Proceedings of SBGames 2017**, 2017.

DEDES, C. The mechanism of vision: Conceptual similarities between historical models and children's representations. **Science & Education**, v. 14, p. 699-712, 2005.

DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: defining gamification. **Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments**, p. 9-15, 2011.

DI SALVO, A. et al. **Leo3D-Uma aventura pelo mundo da óptica**. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Inform

DI SALVO, A.; SERAPIÃO, A. **Leo3D-Uma aventura pelo mundo da óptica**. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Inform

DIAS, J. D. D. et al. Design e avaliação de um jogo educacional para promoção da saúde e combate à obesidade infantil. **SBC – Proceedings of SBGames 2015**, 2015.

FARROKHANIA, M. R.; ESMAILPOUR, A. A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 2, p. 5474-5482, 2010.

FEIL, J.; SCATTERGOOD, M. **Beginning Game Level Design**. [S.l.]: Thomson - Course Technology, 2005.

FERREIRA, E. M. **Indie Games: por uma investigação das potências de afecção dos jogos eletrônicos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Escola de Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Comunicação. [S.l.]. 2013.

FERREIRA, E.; OLIVEIRA, T. Jogos persuasivos: por uma investigação das potências de afecção nos indie games. **Líbero**, v. 18, p. 121-130, 2015.

FIALHO, N. N. Os jogos pedagógicos como ferramentas de ensino. **Congresso nacional de educação**, v. 6, p. 12298-12306, 2008.

FRANCO, L. C. P. **Jogos digitais educacionais nas aulas de Educação Física: Olympia, um videogame sobre os jogos olímpicos**. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Instituto de Biociência. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Rio Claro - SP. 2014.

FU, F.-L.; SU, R.-C.; YU, S.-C. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. **Computers & Education**, v. 52, p. 101-112, 2009.

GAMES, E. **Unreal Engine 4 Documentation**. [S.l.]. 2004-2017.

GEE, J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. **Computers in Entertainment (CIE)**, v. 1, p. 20-20, 2003.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, p. 26-40, 2001.

GOLDBERG, F. M.; MCDERMOTT, L. C. Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. **The Physics Teacher**, v. 2, p. 472-480, 1986.

GONÇALVES, L. D. J. **Uso de animações visando aprendizagem significativa de Física Térmica o ensino médio**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.]. 2005.

GUILLERMO, O. E. P. **Uso de laboratórios virtuais de aprendizagem em mecânica dos fluidos e hidráulica na engenharia**. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.]. 2016.

HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de Ótica Geométrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, p. 220-234, 1993.

HASSAN, A. Z. et al. Developing the concept of money by interactive computer games for autistic children. **Multimedia (ISM), 2011 IEEE International Symposium on**, p. 559-564, 2011.

HOLANDA, A. B. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. [S.l.]: Editora Positivo, 2010.

HOLDEN, J. T.; WESTFALL, P. J.-L. An instructional media selection guide for distance learning. **United States Distance Learning Association**, 2006.

HOOKWAY, G. et al. Learning physics through computer games. **Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational & Serious Games (CGAMES), 2013 18th International Conference on**, p. 119-126, 2013.

INCE, S. **Writing for video games**. [S.l.]: A & C Black Publishers Limited, 2006.

INEP. **Censo Escola da Educação Básica 2013 – Relatório Técnico**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. [S.l.]. 2013.

INEP. **Censo Escola da Educação Básica 2016 – Notas Estatísticas**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. [S.l.]. 2016.

IVERSEN, O. S.; DINDLER, C.; HANSEN, E. I. K. Understanding teenagers' motivation in participatory design. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 1, p. 82-87, 2013.

JOHNSON, L. et al. **NMC horizon report: 2016 higher education edition**. The New Media Consortium, Austin. [S.l.]. 2014.

JOHNSON, L. et al. **NMC horizon report: 2016 higher education edition**. The New Media Consortium, Austin. [S.l.]. 2016.

JONASSEN, D. H. **Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking**. [S.l.]: Prentice Hall, 2000.

KAFROUNI, R. M.; SOUZA PAN, M. A. G. A inclusão de alunos com necessidades educativas especiais e os impasses frente à capacitação dos profissionais da educação básica: um estudo de caso. **Interação em Psicologia**, v. 5, 2001.

KALHIL, J. B.; MENEZES, A. P. S. Os Desafios do Ensino de Física e Ciências na Amazônia ante às TIC's. **Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol**, v. 2, p. 228, 2008.

KANG, M.; CHOO, P.; WATTERS, C. E. Design for experiencing: participatory design approach with multidisciplinary perspectives. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 174, p. 830-833, 2015.

KARLINI, D.; RIGO, S. J. ABCLINGO: Integrando Jogos Sérios e Mineração de Dados Educacionais no Apoio ao Letramento. **SBC - Proceedings of SBGames 2014**, p. 1149-1152, 2014.

KERCHER GREIS, L.; REATEGUI, E.; IWASZKO MARQUES, T. B. Um simulador de fenômenos físicos para mundos virtuais. **RELATEC**, 2013.

KIRNER, C.; PINHO, M. S. Introdução à realidade virtual. **SBC - Proceedings of SBGames 1996**, 1996.

KLAJN, S. **Física: a vilã da escola**. [S.l.]: Universidade de Passo Fundo, 2002.

KORDAKI, M.; GOUSIOU, A. Digital card games in education: A ten year systematic review. **Computers & Education**, v. 109, p. 122-161, 2017.

KRASSMANN, A. et al. **Um panorama de teses e dissertações brasileiras sobre Mundos Virtuais 3D na educação**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 71.

KROBTHONG, T. Teaching University Physics by Using Interactive Science Simulations Methods. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 197, p. 1811-1817, 2015.

LANZI, L. A. C. et al. Tecnologias de Informação e Comunicação no cotidiano dos adolescentes: enfoque no comportamento e na competências informacionais da geração Google. **Informaço & Informaço**, p. 49-75, 2013.

LEACOCK, T. L.; NESBIT, J. C. A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 10, 2007.

LEALDINO FILHO, P. **Jogo digital educativo para o ensino de matemática**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. [S.l.]. 2014.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações-usando Microsoft Excel português**. [S.l.]: Ltc, 2005.

LIMA, F. et al. LAUNCHPAD MSP430 ENERGIA: Uma alternativa para o ensino de Física na educação básica. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, 2016.

LINDLEY, C. A. The gameplay gestalt, narrative, and interactive storytelling. **Proceedings of Computer Games and Digital Cultures Conference**, ed. Frans Mäyrä. Tampere: Tampere University Press, 2002, 2002.

LIPKIN, N. Examining Indie's Independence: The meaning of " Indie" Games, the politics of production, and mainstream cooptation. **Loading.**, v. 7, 2012.

LOPE, R. P. D. et al. Design methodology for educational games based on graphical notations: Designing Urano. **Entertainment Computing**, v. 18, p. 1-14, 2017.

LUIZ, G. Enem 2017 tem queda no total de alunos com nota mil na redação. **G1 - globo.com**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/enem/2017/noticia/enem-2017-tem-queda-no-total-de-alunos-com-nota-mil-na-redacao.ghtml>>.

MACHADO, A. et al. Um Software Educativo para o Ensino de Avicultura. **SBC - Proceedings of SBGames 2011**, 2011b.

MACHADO, A. F. V. et al. Uma Proposta de Jogo Educacional 3D com Questões Didáticas. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**, v. 1, 2011a.

MATSUNAGA, R. M.; BISPO, D. M.; BORGES, M. A. F. Processo de construção de jogos para aprendizado. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, 2013.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: contexto e aplicações**. 1. ed. ed. São Paulo - SP: Editora scipione, 2013.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, 2002.

MOHAMED, H.; YUSOFF, R.; JAAFAR, A. Quantitive analysis in a heuristic evaluation for usability of educational computer game (UsaECG). **Information Retrieval & Knowledge Management (CAMP), 2012 International Conference on**, p. 187-192, 2012.

MOITA, F. et al. **Design e desenvolvimento de um game assistivo para autistas**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 1057.

- MONTIBELLER, L. O brinquedo na constituição do sujeito e como elemento precursor da escrita. **Alfabetização e Letramento - Contribuições para as Práticas Pedagógicas**, Campinas-SP, 2003.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. [S.l.]: Editora pedagógica e universitária São Paulo, 1999.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. **São Paulo: Editora Livraria da Física**, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. [S.l.]: P, 2016.
- MOSSMANN, J. B. et al. Um Exergame para Estimulação de Componentes das Funções Executivas em Crianças do Ensino Fundamental I. **SBC - Proceedings of SBGames 2016**, 2016.
- NASCIMENTO, F. et al. **Uma Proposta de Jogo Educacional para o Ensino e Aprendizagem de Geometria**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 1757.
- NEVES, I. B. C.; ALVES, L.; GONZALEZ, C. Jogos digitais nas classes hospitalares: desbravando novas interfaces. **Obra digital**, 2016.
- NISHIDA, A. K. et al. Jogo educacional sobre consumo de energia elétrica. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**, v. 25, p. 667, 2014.
- NISHIDA, A. K.; PAFUNDA, R. A. Jogos educacionais sob a perspectiva de Objetos de Aprendizagem. [S.l.]: Editora da Universidade Federal do ABC, 2014. Cap. 7, p. 107-124.
- NOVAK, J. **Game development essentials: an introduction**. [S.l.]: Cengage Learning, 2011.
- OLIVEIRA, H. C. D. **Uma metodologia participativa para o desenvolvimento de jogos sérios**. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada. Joinville-SC. 2015.
- OLIVEIRA, H. C. D.; HOUNSELL, M. D. S.; GASPARINI, I. Uma metodologia participativa para o desenvolvimento de jogos sérios. **SBC - Proceedings of SBGames 2016**, 2016.
- OLIVEIRA, L. B.; ISHITANI, L.; CARDOSO, A. M. Jogos Computacionais e Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade: Revisão Sistemática de Literatura.. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE**, 2013.
- OTSUKA, J. L. et al. LABTECA: Experiência lúdica em um laboratório 3D de química. **Revista Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 13, 2015.
- PAES, Â. T. Por dentro da estatística. **Einstein: Educação Continuada em Saúde**, v. 6, p. 107-108, 2008.
- PALACIOS, F. J. P.; CAZORLA, F. N.; MADRID, A. C. Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educational variables. **International Journal of Science Education**, v. 11, p. 273-286, 1989. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/0950069890110304>> .
- PÁTARO, P. R. M.; BORGATTO, A. F. Desempenho dos alunos do curso de matemática - habilitação licenciatura: do vestibular ao 2º ano de curso. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 26, p. 137-144, 2005.
- PEREIRA, F. C. **Exergames: Fator motivacional para a prática de atividades físicas**. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Instituto de Biociência. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Rio Claro-SP. 2016b.

PEREIRA, F. S. **Formas de superação da situação da experimentação em ensino de física nas escolas públicas do estado do Acre**. Universidade Federal do Acre - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza. [S.l.]. 2016a.

PEREIRA, L. et al. **Uma Ferramenta de Apoio ao Ensino de Cálculo com Realidade Aumentada**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 595.

PEREIRA, R. F. **Desenvolvendo jogos educativos para o ensino de física: um material didático alternativo de apoio ao binômio ensino-aprendizagem**. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. Maringá-PR. 2008. 153 P.

PEREIRA, R. F. et al. Ludoestática: uma proposta de uma material didático alternativo (jogos) para o ensino-aprendizagem de eletrostática. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.

PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.

PEREZ, C. **Signos da Marca: expressividade e sonoridade**. [S.l.]: Thomson Learning, 2004.

PETRIDIS, P. et al. An engine selection methodology for high fidelity serious games. **Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2010 Second International Conference on**, p. 27-34, 2010.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. [S.l.]: Makron books. Sao Paulo-SP, v. 6, 1995.

RAMADAN, R.; WIDYANI, Y. Game Development Life Cycle Guidelines. **ICACISIS**, 2013.

RAMALHO, M. M. et al. Audio game Fuga: Desenvolvimento e avaliação de um jogo assistivo com kinect para deficientes visuais. **SBC – Proceedings of SBGames 2014**, 2014.

RAVENS-CROFT, A.; MATHESON, M. P. Developing and evaluating dialogue games for collaborative e-learning. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 18, p. 93-101, 2002.

RIBEIRO, A. L. Aquisição da escrita na era virtual: incorporando os jogos digitais online. **Domínios de Lingu@gem**, v. 6, p. 111-127, 2012.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 251-266, 2007.

RINALDI, C. et al. O Uso de Vídeo Aulas como Ferramenta Metodológica para o Ensino de Conceitos de Termodinâmica. **Acta Scientiae**, v. 18, 2017.

ROCHA, F. B. et al. **AbaQuim-Um Jogo Educativo para Auxílio na Aprendizagem de Distribuição Eletrônica Química**. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 907.

ROCHA, R. V. D. **Metodologia iterativa e modelos integradores para desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação de desempenho humano**. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. São Carlos-SP. 2014, 237 p.

ROCHA, R. V.; ROCHA, R. V.; ARAÚJO, R. B. Selecting the best open source 3D games engines. **Proceedings of the Brazilian Symposium on Computers in Education (Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação)**, p. 333-336, 2010.

RODRIGUES, N. N.; ESTRELA, N. V. A. Simple Way: Ensino e Aprendizagem de Engenharia de Software Aplicada através de Ambiente e Projetos Reais. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**, 2012.



ROLLINGS, A.; MORRIS, D. **Game Architecture and Design: A New Edition**. [S.l.]: New Riders, 2004.

SÁ GUIMARÃES, M. D.; CARVALHO, L. A. V.; COSTA, R. M. E. M. Ambientes Virtuais na prática educacional de crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e/ou Hiperatividade. **IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**, 2007.

SANCHES, P.; FA; MACHADO, A. **VRCircuit**: Realidade virtual aplicada ao ensino de circuitos elétricos. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017. p. 887.

SANTOS NETO, E.; FRANCO, E. S. Os professores e os desafios pedagógicos diante das novas gerações: considerações sobre o presente e o futuro, 2010.

SANTOS, S. A. et al. Uso pedagógico do ambiente virtual de aprendizagem Moodle como apoio a aula presencial. **Revista EDaPECI**, v. 16, p. 78-94, 2016.

SAVI, R. **Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento**. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Florianópolis-SC. 2011.

SILVA, L. M. D.; MOURA, R. W. S. **O jogo e a aprendizagem significativa**. Anais do III Encontro de Iniciação à Docência da UEPB - Revista ENID UEPB. [S.l.]: [s.n.]. 2013.

SILVA, R. C.; SILVA, A. R. Tecnologias para Construção de Mundos Virtuais: Um Comparativo Entre as Opções Existentes no Mercado. **FAZU em Revista**, 2012.

SILVA, R. L. Os desafios da educação na era digital: do paradigma da reprodução ao desenvolvimento da autonomia do educando. **Uma Nova Pedagogia para a Sociedade Futura**, p. 392-400, 2017.

SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B. Disco de Newton com LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, 2016.

SIMKOVA, M. Using of computer games in supporting education. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 141, p. 1224-1227, 2014.

SMITS-ENGELSMAN, B. C. M.; JELSMA, L. D.; FERGUSON, G. D. The effect of exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. **Human movement science**, v. 55, p. 327-337, 2017.

SOARES, M. D. S. Comparação entre metodologias Ágeis e tradicionais para o desenvolvimento de software. **INFOCOMP**, v. 3, p. 8-13, 2004.

SOEGENG, R. Simple Simulation in Physics Education. **Proceedings from the 4th Australian Computers in Physics Education Conference**, 1998.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, v. 6, 2011.

SWEETSER, P.; WYETH, P. GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. **Computers in Entertainment (CIE)**, v. 3, p. 3-3, 2005.

TENÓRIO, F. G. **Administração de projetos comunitários**: abordagem prática. [S.l.]: Loyola, 1995.

TORI, R. Tecnologia e Metodologia para uma Educação sem Distância. **EaD EmRede - Revista de Educação a Distância**, v. 2, p. 44-55, 2016.

TSUDA, M. et al. Análise de métodos de avaliação de jogos educacionais. **SBC - Proceedings of SBGames 2014**, p. 12-14, 2014.

VANNUCCHI, H.; PRADO, G. Discutindo o conceito de gameplay. **Texto Digital**, 2010.

VENTURA, M.; SHUTE, V. The validity of a game-based assessment of persistence. **Computers in Human Behavior**, v. 29, p. 2568-2572, 2013.

WANGENHEIM, C. G.; SAVI, R.; BORGATTO, A. F. DELIVER! An educational game for teaching Earned Value Management in computing courses. **Information and software Technology**, v. 54, p. 286-298, 2012.

WEISZFLOG, W. **Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. [S.l.]: Melhoramentos, 2004.

WICK, D. P. et al. **University outreach in STEM education through a Roller Coaster Science and Engineering Camp**. Frontiers in Education Conference (FIE), 2011. [S.l.]: [s.n.]. 2011. p. S3D--1.

WOLF, M. **The Medium of the Videogame**. Texas: University of Texas Press, 2002.

YALMAN, Z.; YAVUZCAN, H. G. Co-Design Practice in Industrial Design Education in Turkey A Participatory Design Project. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 197, p. 2244-2250, 2015.

## APÊNDICE I: LAB101 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Lab101 - Por que enxergamos?



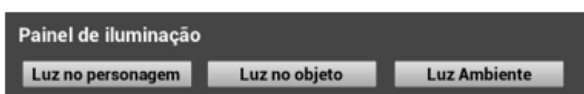
### Objetivos

- Mostrar o motivo pelo qual podemos enxergar o ambiente em nossa volta.

### Conceitos envolvidos

- Reflexão da luz.

### Menu de controle



### Interações

- Alternar a iluminação do ambiente entre as três fontes de luzes existentes:
  - Luz no personagem: luz posicionada sobre o personagem que acompanha sua movimentação.
  - Luz no objeto: luz localizada no canto da sala que ilumina uma mesa e uma cadeira.
  - Luz ambiente: luz que ilumina todo o ambiente.

## APÊNDICE II: LAB102 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Propagação retilínea da luz.



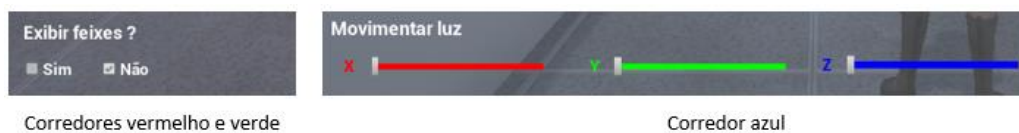
### Objetivos

- Mostrar como a luz se propaga em um meio homogêneo;
- Mostrar como as sombras são formadas;
- Mostrar como as áreas de penumbras são formadas.

### Conceitos envolvidos

- Propagação da luz;
- Raios de luz;
- Fonte de luz puntiforme.

### Menus de controle



Corredores vermelho e verde

Corredor azul

### Interações

#### *Corredor vermelho*

- Exibir ou não dois feixes de raios luminosos da única fonte de luz puntiforme presente;
- Deslocar pelo corredor para visualizar a formação da sombra.

#### *Corredor azul*

- Movimentar a fonte de luz puntiforme nos eixos X, Y e Z;
- Deslocar pelo corredor para visualizar a formação da sombra.

## APÊNDICE III: LAB103 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Formação de sombras.



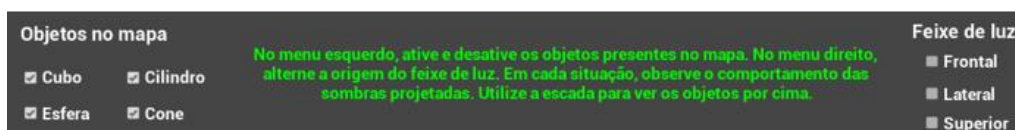
### Objetivo

- Mostrar como as sombras podem variar de acordo com a posição da luz e o tipo de objeto.

### Conceitos envolvidos

- Propagação da luz;
- Raios de luz;
- Fonte de luz extensa.

### Menu de controle



### Interações

- Marcar e desmarcar quais objetos estarão ou não presentes no cenário;
- Selecionar qual(ais) a posição da fonte de luz que iluminará o cenário;
- Deslocar pelo cenário para visualizar as sombras projetadas e quais áreas dos objetos estão sendo ou não iluminadas;
- Analisar a área iluminada com a sombra projetada;
- Subir a escada localizada na lateral da sala para visualizar os objetos por cima.

## APÊNDICE IV: LAB104 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Objetos e sombras.



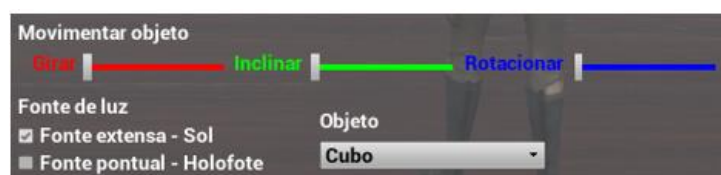
### Objetivo

- Mostrar como as sombras podem variar de acordo com o tipo de fonte de luz (extensa ou pontual);
- Visualizar o formato da sombra de diferentes objetos;
- Analisar a forma da sombra de acordo com a posição, inclinação e rotação do objeto selecionado.

### Conceitos envolvidos

- Propagação da luz;
- Raios de luz;
- Fonte de luz extensa;
- Fonte de luz pontual.

### Menu de controle

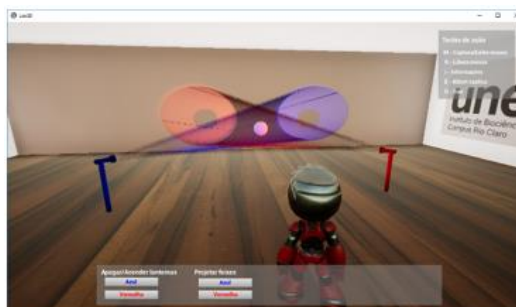


### Interações

- Selecionar o tipo de fonte de luz (extensa ou pontual);
- Selecionar o objeto que será exibido;
- Girar, inclinar ou rotacionar o objeto selecionado.

## APÊNDICE V: LAB105 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Independência dos raios.



### Objetivo

- Mostrar a propriedade da independência da luz quando ela se propaga.

### Conceitos envolvidos

- Propagação da luz;
- Raios de luz;
- Independência dos raios luminosos.

### Menu de controle

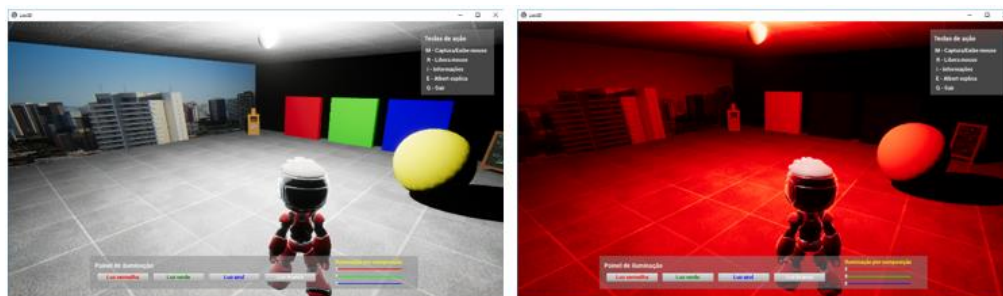


### Interações

- Apagar ou acender as lanternas existentes;
- Projetar ou ocultar os feixes luminosos;
- Visualizar a projeção da sombra do cilindro de acordo com a lanterna acesa;
- Deslocar pelo cenário obstruindo ou não os feixes luminosos;
- Visualizar a composição da luz no cilindro.

## APÊNDICE VI: LAB106 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Objetos e suas cores.



### Objetivo

- Mostrar o motivo pelo qual cada objeto possui uma cor.

### Conceitos envolvidos

- Reflexão da luz;
- Frequência dos raios luminosos;
- Composição da luz.

### Menu de controle



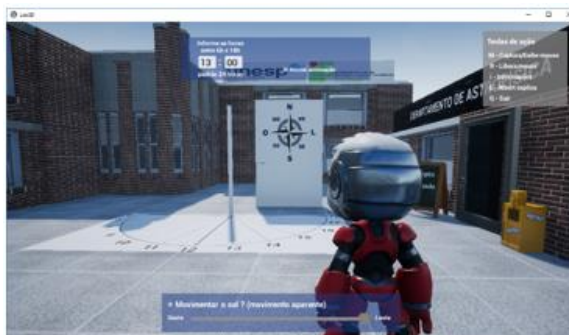
### Interações

- Alternar entre um das quatro cores de lâmpadas presentes no Painel de iluminação;
- Criar uma cor de lâmpada utilizando o padrão RGB (Red – vermelho; Green – verde; Blue – azul);
- Deslocar pelo cenário e visualizar como a cor dos objetos são influenciadas de acordo com a iluminação selecionada.



## APÊNDICE VII: LAB107 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Relógio solar.



### Objetivo

- Mostrar o funcionamento básico de um Relógio Solar;

### Conceitos envolvidos

- Propagação da luz;
- Formação de sombras;
- Fonte de luz extensa.

### Menu de controle



Menu superior



Menu inferior

### Interações

- Informar uma determinada hora no padrão 24 horas;
- Ativar a animação automática das horas no período compreendido entre 6h e 18h;
- Realizar a movimentação aparente do sol do leste (direita do cenário) para o oeste (esquerda do cenário);
- Analisar a sombra formada no Relógio Solar de acordo com a hora informada;
- Visualizar as demais sombras presentes no cenário.

## APÊNDICE VIII: LAB201 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Espelhos planos e objetos.



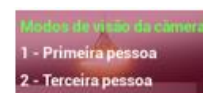
### Objetivo

- Analisar a formação de imagens em espelhos planos.

### Conceitos envolvidos

- Espelhos planos;
- Formação de imagens;
- Enantiomorfismo;
- Reversibilidade de raios luminosos.

### Menu de controle



### Interações

- Alternar entre o modo de visão da câmera (primeira pessoa ou terceira pessoa) – teclas 1 e 2 do teclado;
- Deslocar pelo cenário e observar a imagem do personagem no espelho;
- Movimentar o hidrante por meio do menu de ações e analisar o comportamento da imagem refletida;
- Posicionar o personagem à esquerda, a direita, na frente e atrás do hidrante;
- Posicionar o personagem fora do ângulo de visão do espelho e visualizar que imagens podem ser refletidas;
- Posicionar o hidrante fora do ângulo de visão do personagem;
- Analisar o enantiomorfismo por meio do personagem;
- Exibir o 2º personagem no cenário;
- Alternar entre os personagens presentes no cenário – tecla V do teclado;
- Posicionar os personagens de forma a se verem ou não no espelho (reversibilidade dos raios).

## APÊNDICE IX: LAB202 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Reflexão da luz.



### Objetivo

- Mostrar como a luz se reflete em espelhos planos.

### Conceitos envolvidos

- Espelhos planos;
- Reflexão da luz;
- Ângulos de incidência e reflexão;
- Dispersão da luz.

### Menu de controle



### Interações

- Movimentar a lanterna indicando o ângulo de incidência do feixe luminoso no espelho;
- Exibir os feixes luminosos e analisar o comportamento dos mesmos de acordo com o ângulo de incidência;
- Escurecer ou clarear a sala;
- Enfumaçar a sala e acompanhar o comportamento da luz;
- Exibir um obstáculo no centro da sala;
- Exibir o personagem e deslocá-lo pela sala, posicionando-o à direita, a frente, a esquerda e atrás do obstáculo e verificar se o feixe de luz pode ou não ser visualizado no espelho.

## APÊNDICE X: LAB203 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Sala de espelhos.



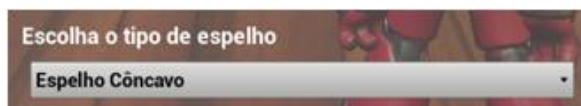
### Objetivo

- Mostrar como as imagens são formadas em três tipos de espelhos (planos, côncavos e convexos).

### Conceitos envolvidos

- Reflexão da luz;
- Espelhos.

### Menu de controle

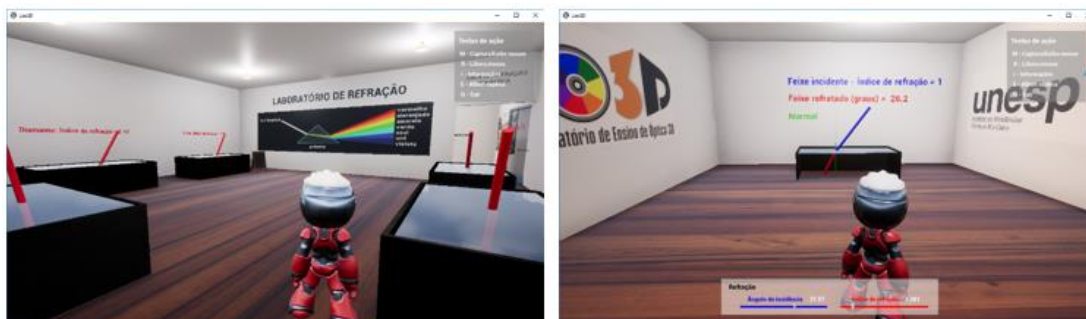


### Interações

- Deslocar pelo cenário e observar o comportamento das imagens tanto do cenário como do personagem em cada um dos quatro espelhos presentes na sala.

## APÊNDICE XI: LAB204 - SUGESTÃO DE ROTEIRO PARA AULA

**Laboratório:** Refração da luz.



### Objetivo

- Mostrar os fenômenos relacionados à refração da luz.

### Conceitos envolvidos

- Refração da luz;
- Índices de refração.

### Menu de controle



\* Visível apenas na Sala de Refração Dinâmica

### Interações

- Deslocar pelo cenário e observar o comportamento de um bastão imerso nos tanques com soluções com índices de refrações distintos;
- Deslocar para a sala de Refração Dinâmica;
- Modificar o ângulo de incidência de um feixe luminoso;
- Aumentar ou diminuir o índice de refração da solução presente no tanque em relação ao ar, que possui índice de refração igual a 1.
- Acompanhar o comportamento do feixe incidente e do feixe refratado em relação à Normal.

## APÊNDICE XII: ALBERT EXPLICA

### Albert Explica

OPS !!! Nada para explicar por enquanto. Ande pela sala e interaja com os botões ou corredores presentes no cenário.



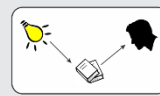
### Albert Explica

Observe que você não pode enxergar os objetos presentes na sala com uma luz direcionada a você, tão pouco enxergar sem a luz. Nossos olhos não emitem luz. Se isso ocorresse, conseguiríamos enxergar tudo, com ou sem a presença de luz. O que nos permite enxergar é o fenômeno conhecido com reflexão da luz, no qual a luz ao entrar em contato com a superfície dos objetos é refletida, alcançando os nossos olhos.



### Albert Explica

Observe que neste momento alguns objetos no canto da sala se tornam visíveis. Isso ocorreu pois os raios de luz da lâmpada posicionada sobre o objeto foram refletidos em sua superfície e chegaram aos seus olhos.



### Mensagem de erro

### Albert Explica

Pronto !!! Com uma luz que ilumina toda a sala, você já consegue enxergar todos os objetos. Lembre-se, isso só foi possível pois os raios de luz emitidos pelas lâmpadas foram refletidos por todos os objetos e direcionados aos seus olhos.



### Lab 101 – Mensagem I

### Albert Explica

Legal, neste corredor você possui uma única fonte de luz (puntiforme) que ilumina um objeto. Observe que a propagação da luz ocorre de forma retilínea e que a sombra projetada é formada pelos raios que passam tangenciando o objeto. Se você exibir os feixes, será possível visualizar dois dos infinitos raios que tangenciam o objeto e que são responsáveis por formarem a área de sombra.



### Lab 101 – Mensagem II

### Albert Explica

Neste corredor você possui duas lâmpadas que estão posicionadas à frente do objeto. A área de sombra mais escura indica que aquele ponto não recebe luz de nenhuma das fontes. As áreas de sombra mais clara indicam que uma das fontes de luz está projetando um sombra, enquanto a outra está ofuscando. As áreas claras presentes nos dois extremos recebem luz das duas fontes de luz.

Projete os feixes para poder visualizar dois dos infinitos raios emitidos por cada lâmpada.



### Lab 101 – Mensagem III

### Albert Explica

Bem, agora que você já sabe que a luz se propaga em linha reta.

Neste corredor, você poderá observar o comportamento da sombra de acordo com a posição da lâmpada. Veja que ela pode aumentar ou diminuir, além de se deslocar de um lado para o outro de acordo com o local onde a lâmpada se encontra.



### Lab 102 – Mensagem I

### Albert Explica

Como visto anteriormente, a formação de sombras se dá de acordo com a posição da lâmpada. Um mesmo objeto pode projetar sombras distintas, como por exemplo, o cilindro, que pode ter uma sombra em formato de círculo ou de retângulo.

Para facilitar o entendimento, cada objeto possui uma cor distinta e a parte do objeto que você consegue ver essa cor é área que está recebendo a iluminação. As áreas dos objetos que não recebem iluminação ficam na cor escura. Alerte a iluminação (frontal, lateral e superior) atento sempre às sombras.



### Lab 102 – Mensagem II

### Albert Explica

Antes de continuarmos, vou te explicar a diferença entre uma fonte pontual e uma fonte estendida. Chamamos de fonte pontual qualquer fonte de luz que é pequena em relação ao objeto(s) que irá iluminar (uma lâmpada em uma sala). Já uma fonte estendida possui dimensões consideráveis em relação ao objeto que está iluminando (sol em relação à Terra).

Além a isto, observe que o tamanho das sombras aumentam ou diminuem de acordo com o tipo de fonte. Em uma fonte estendida, os raios luminosos chegam ao objeto de forma paralela, diminuindo assim o tamanho da sombra. No pontual, os raios tangenciam o objeto, aumentando a sombra.



### Lab 102 – Mensagem III

### Albert Explica

Você está cansado de ouvir que a luz se propaga em linha reta, certo? Agora, você aprenderá outra propriedade da luz, que é a "Independência dos raios".

Essa propriedade garante que dois ou mais raios de luz ou feixes se cruzam e continuam suas trajetórias individualmente, ou seja, sem que um interfira na trajetória do outro. Observe essa propriedade na sombra de uma esfera projetada na parede. Se a luz sofresse interferência, ao acender as duas lâmpadas a sombra sumiria. Veja também a composição de cores na superfície da esfera.



### Lab 103

### Albert Explica

Qual é a cor de um objeto? Pergunta fácil, correto? Porém, a cor de um objeto depende da cor da luz que o ilumina. Cada cor tem como característica própria refletir a luz da sua própria cor e absorver as demais. Quando um objeto azul é iluminado por uma luz branca, que é uma luz composta pelas sete cores monocromáticas, ele reflete apenas a luz azul e absorve as demais. Agora, se esse mesmo objeto for iluminado por uma lâmpada vermelha (monocromática), ele não conseguirá refletir a luz azul e será visto com sendo preto, pois não foi capaz de refletir nenhum espectro de luz. Entenderam? Para enxergar isso melhor, alterne entre as cores e observe o comportamento dos objetos presentes no cenário a sua volta.



### Lab 104

### Albert Explica

O Relógio de Solar é um método utilizado para medir a sucessão das horas ou do tempo por meio da luz solar. A luz do sol incide na terra em diferentes posições ao passar do dia e é justamente essa variação que fornece as horas. Existem diversos tipos de relógio solar, sendo o mais comum, o relógio de jardim, que é formado por um mostrador plano no qual as horas são indicadas e um por uma haste, responsável por projetar a sombra.



### Lab 105

### Albert Explica

Espelhos planos são superfícies planas que possuem a capacidade de refletir a luz incidente. Estes presentes desde ambientes domésticos até instrumentos altamente sofisticados. Os espelhos planos possuem algumas características importantes, entre elas: i) a imagem se forma atrás do espelho através do cruzamento dos prolongamentos dos raios que incidem sobre o espelho (imagem virtual); ii) a distância de um objeto para o espelho é igual a distância da imagem para o espelho; iii) o tamanho do objeto não se altera no espelho, ou seja, a imagem virtual possui o mesmo tamanho do objeto que ela reflete; iv) há uma reversão da imagem, ou seja, o que é direito passa a ser esquerdo e o que é esquerdo passa a ser direito. Isso não ocorre de baixo para cima; v) ocorre a reversibilidade dos raios, ou seja, se você consegue ver uma pessoa no espelho, ela também conseguirá te ver. Para visualizar essas características, explore o ambiente observando tudo pelo espelho.



### Lab 106

### Albert Explica

Imagine um raio de luz incidindo sobre um espelho plano. O que acontece com ele?

No caso de espelhos planos, temos algumas leis. São elas:

- 1ª Lei da reflexão: o raio incidente e o raio refletido pertencem ao mesmo plano (coplanaridade);
- 2ª Lei da reflexão: o ângulo de incidência e o ângulo refletido são iguais, isso em relação à normal.

Observe essas duas propriedades no laboratório, no qual o raio vermelho é o raio incidente e o raio verde o refletido. Movimento o raio incidente e veja o comportamento do raio refletido. Você pode também explorar outras situações, como por exemplo, escurecer a sala ou torná-la enfeitada.



### Lab 107

### Albert Explica

Diferentemente dos espelhos planos, os espelhos côncavos possuem características particulares. Eles podem ser côncavos ou convexos.

Os espelhos convexos são mais facilmente encontrados. Eles estão normalmente presentes em espelhos de carros e em estacionamentos. Sua imagem sempre será virtual (formada atrás do espelho) e menor do que o objeto que ela reflete, por isso sua aplicação em retrovisores de automóveis, pois refletem uma área maior. Já os espelhos côncavos, possuem diversas propriedades e sua imagem depende da localização do objeto que ele reflete. Uma das principais propriedades deste espelho é inverter a imagem. Isso ocorre até o momento no qual o objeto está posicionado antes do foco. No foco, a imagem é imprópria, pois os raios de luz incidem paralelamente no espelho. Após o foco, a imagem é direita e maior do que o objeto.



### Lab 201

### Albert Explica

Refração da luz é o fenômeno no qual a luz passa de um meio para outro. Nesta mudança, a frequência da onda luminosa não sofre alteração, porém, sua velocidade e seu comprimento de onda sim. Como ocorre uma alteração na velocidade, a luz sofre um desvio em relação à direção original. Observe esse desvio nos tanques que representam materiais presentes em nosso dia-a-dia e na Sala de Refração Dinâmica, crie seu próprio material alterando o índice de refração e observe o comportamento na mudança de direção da luz de acordo com o ângulo de incidência.



### Lab 202

### Lab 203

### Lab 204

## APÊNDICE XIII: INSTRUMENTO AVALIATIVO

### QUESTIONÁRIO SOBRE ÓTICA GEOMÉTRICA

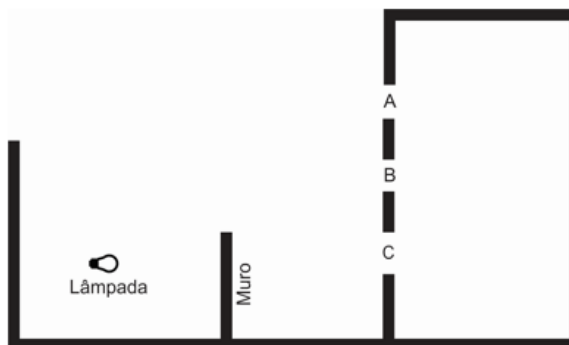
Prezado aluno(a),

Esta é uma pesquisa realizada pelo acadêmico André Luigi Amaral Di Salvo, aluno de doutorado do programa de pós-graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na linha de pesquisa Desenvolvimento Humano e Tecnologias, que visa avaliar a eficiência do uso de ferramentas 3D no ensino.

Sua colaboração é de suma importância e os dados aqui coletados serão publicados apenas em meios acadêmicos. Apesar da sua identificação, todos os dados serão mantidos em sigilo e a pontuação aqui obtida não será utilizada como instrumento avaliativo da disciplina.

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

As questões 1 e 2 referem-se à figura abaixo. Ela mostra um muro colocado entre uma pequena lâmpada e uma sala com três janelas na parede da esquerda (A, B e C).



1) Qual(ais) da(s) janela(s) é(são) iluminada(s) pela lâmpada?

- A. Apenas a janela A
- B. Apenas a janela B
- C. Apenas a janela C
- D. As janelas A e B
- E. As janelas A, B e C

2) Se você estiver dentro da sala, através de qual(ais) das janelas você poderá ver a lâmpada?

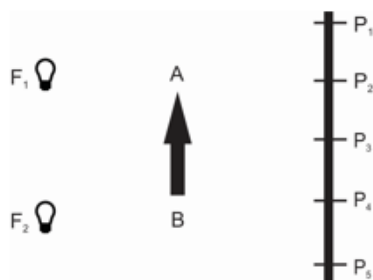
- A. Das janelas A, B e C
- B. Das janelas A e B
- C. Da janela B
- D. Da Janela A
- E. Da janela C

3) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?



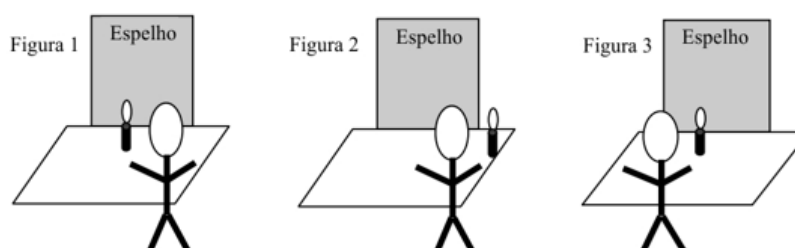
- A. Somente A.
- B. Somente B.
- C. Somente A e B.
- D. A, B e C.
- E. Nenhuma delas.

4) Duas pequenas fontes,  $F_1$  e  $F_2$ , estão situadas em frente a um objeto opaco AB, como mostra a figura abaixo. Considerando os pontos assinalados na parede, qual (ais) deles está(ão) recebendo luz das duas fontes?



- A. Todos.
- B. Apenas  $P_3$ .
- C.  $P_2, P_3,$  e  $P_4$ .
- D.  $P_2$  e  $P_4$ .
- E.  $P_1$  e  $P_5$ .

As questões de 5 a 9 referem-se às figuras abaixo nas quais uma vela é posicionada sobre uma mesa em frente a um espelho plano.



5) Na Figura 1, um observador está de pé em frente à uma mesa olhando para o espelho. A imagem da vela está localizada:

- A. Em frente ao espelho
- B. Na superfície do espelho
- C. Atrás do espelho
- D. Não há imagem da vela
- E. Não há informações suficientes



6) A altura da imagem da vela é:

- A. Maior do que a vela
- B. Menor do que a vela
- C. Do mesmo tamanho da vela
- D. Não há imagem da vela
- E. Não há informações suficientes

7) Na Figura 2, a vela é deslocada para uma nova posição. A imagem da vela vista pelo observador agora é:

- A. À esquerda do que era antes
- B. Para a direita do local onde estava antes
- C. No mesmo local de antes
- D. O observador não visualiza a imagem
- E. Não há informações suficientes

8) Na Figura 3, a vela retorna a sua posição original e o observador se move para a esquerda. Em comparação à Figura 1, a localização da imagem da vela é agora:

- A. Para a esquerda de onde estava na Figura 1
- B. Para a direita de onde estava na Figura 1
- C. No mesmo local da Figura 1
- D. Não há imagem da vela
- E. Não há informações suficientes

9) Suponha que a distância da vela em relação ao espelho seja dobrada. A altura da imagem refletida da vela agora é:

- A. Menor do que antes
- B. Do mesmo tamanho que antes
- C. Maior do que antes
- D. Não há imagem da vela
- E. Não há informações suficientes

10) Em um farol de automóvel tem-se um refletor constituído por um espelho esférico e um filamento de pequenas dimensões que pode emitir luz. O farol funciona bem quando o espelho é:

- A. Côncavo e o filamento está no centro do espelho.
- B. Côncavo e o filamento está no foco do espelho.
- C. Convexo e o filamento está no centro do espelho.
- D. Convexo e o filamento está no foco do espelho.
- E. Convexo e o filamento está no ponto médio entre o foco e o centro do espelho.

11) A respeito das propriedades fundamentais dos espelhos esféricos, quais das afirmações estão corretas?

I – Todo raio de luz que incide passando pelo centro da curvatura do espelho volta para si mesmo.

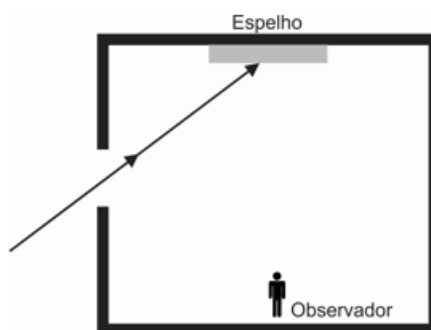
II – Todo raio de luz que incide paralelo ao eixo principal do espelho origina um raio refletido que passa pelo centro do espelho.

III – Todo raio de luz que incide no vértice do espelho gera um raio refletido que é simétrico do incidente relativamente ao eixo principal.

- A. Apenas a I está correta
- B. Apenas II está correta

- C. Apenas III está correta
- D. I e III estão corretas
- E. Todas estão corretas

12) A figura abaixo mostra uma sala completamente escura, sem pó, sem fumaça e de paredes totalmente negras. Através de uma abertura, faz-se incidir um feixe retilíneo de luz obliquamente em direção ao espelho. Uma pessoa, colocada na parede oposta ao espelho, como mostra a figura, poderá ver o espelho e a luz nele refletida?

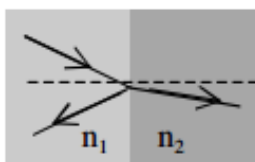


- A. Não. Ela não poderá ver a luz nem o espelho
- B. Poderá ver a luz, mas não poderá ver o espelho.
- C. Poderá ver o espelho, mas não a luz.
- D. Sim, poderá ver tanto a luz quanto o espelho.
- E. Nenhuma das respostas anteriores

As questões 13-17 referem-se a um feixe de luz muito estreito (por exemplo, um feixe de laser) que pode ser representado por um único raio. A luz inicialmente viaja da esquerda para a direita em um meio transparente de índice de refração  $n_1$ . Em seguida, ela incide sobre um segundo meio transparente de índice de refração  $n_2$ . Os raios refratados e refletidos são mostrados nas figuras abaixo (se ausente, significa que não há raio refratado nem refletido). Com base no enunciado e nas figuras, responda as questões com as opções A a F listadas abaixo:

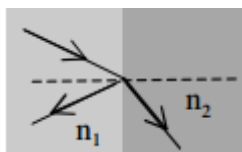
- A. Apenas se  $n_2 > n_1$
- B. Apenas se  $n_2 = n_1$ ,
- C. Apenas se  $n_2 < n_1$ ,
- D. Pode ocorrer com A ou C.
- E. Nunca possível.
- F. Sempre possível independente dos índices relativos de refração

13) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



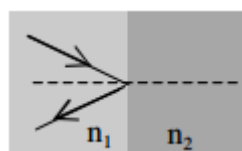
- A. ( )      B. ( )      C. ( )      D. ( )      E. ( )      F. ( )

14) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



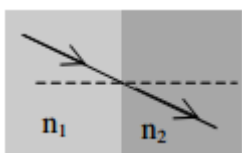
A. ( )    B. ( )    C. ( )    D. ( )    E. ( )    F. ( )

15) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



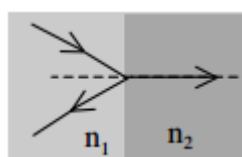
A. ( )    B. ( )    C. ( )    D. ( )    E. ( )    F. ( )

16) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



A. ( )    B. ( )    C. ( )    D. ( )    E. ( )    F. ( )

17) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



A. ( )    B. ( )    C. ( )    D. ( )    E. ( )    F. ( )

18) Com base na ilustração abaixo, descreva com as suas palavras como o observador consegue enxergar o objeto e desenhe a trajetória dos raios (utilizando setas).




---



---



---



---

## APÊNDICE XIV: LEO3D EAD – AMBIENTAÇÃO

### Conhecendo o Leo3D

O Leo3D é um ambiente digital multididático de ensino no qual você encontrará laboratórios didáticos e fases jogáveis. Ao carregar, o Leo3D apresenta a seguinte tela:



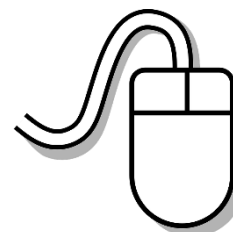
A opção “Laboratórios” permite que você acesse diversos laboratórios didáticos que abordam os conceitos de propagação, reflexão e refração da luz. A opção “Jogar” dá acesso a duas fases jogáveis que colocam em prática os conteúdos abordados nos laboratórios. Em “Avatar”, você pode escolher um personagem para você. O *menu* “Opções” permite ajustar as configurações gráficas do jogo. A opção “Sobre” apresenta o projeto e o menu “Sair”, sai do sistema.

### Controle do personagem

Ao entrar em qualquer laboratório ou nas fases jogáveis, você deverá controlar seu personagem para que ele execute uma série de ações. A movimentação do personagem se dá por:

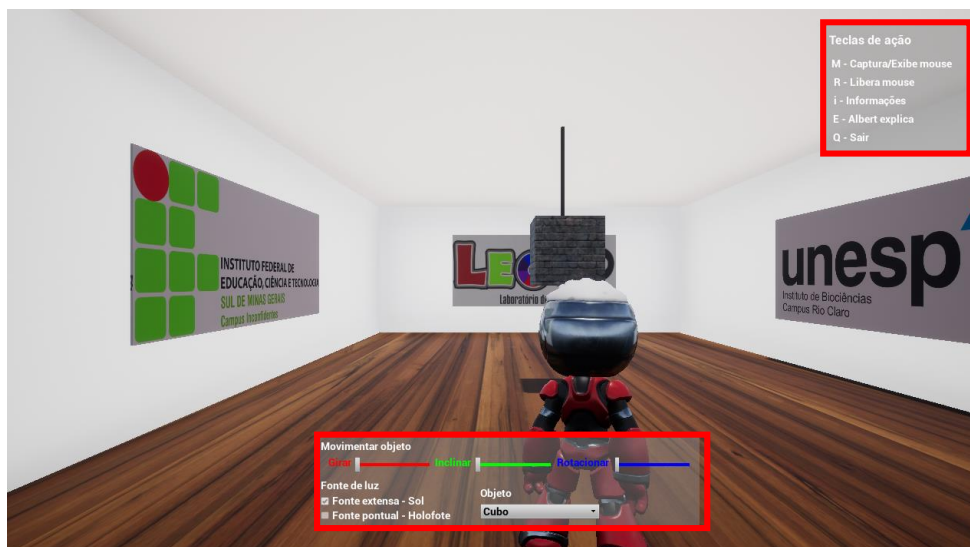


Movimenta para frente, trás, esquerda e direita



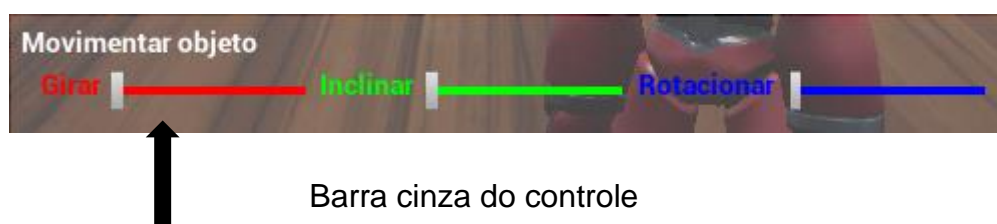
Movimenta a câmera de visão do persongaem

Para movimentar a câmera do personagem, você deverá manter pressionado o botão da direita do *mouse* (BDM). Além da movimentação do personagem, *submenus* de ações localizados nas partes inferior e superiores de cada tela fornecem novas formas de interagir com o cenário. A figura abaixo mostra esses *submenus*.

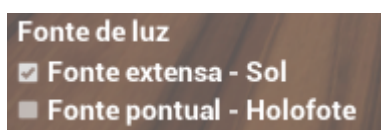


Controles deslizantes permitem que você movimente, gire, rotacione ou incline objetos presentes no cenário. Para isso, basta clicar sobre a barra cinza localizada em cada controle e deslocá-la para esquerda ou direita.

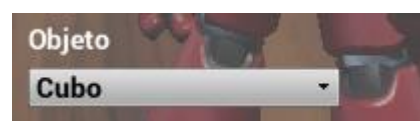
**Observação:** Caso o *mouse* não esteja sendo visualizado no cenário, pressione a tecla “M” para exibi-lo.



As *checked box* ativam ou desativam um objeto do cenário, enquanto as caixas de seleção, permitem alterar os objetos do cenário.

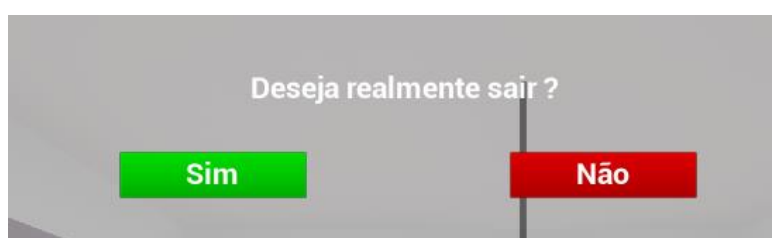


Checked box



Caixa de seleção

Para sair das fases ou dos laboratórios, basta pressionar a tecla “Q”. Ao fazer isso, uma nova tela será apresentada confirmando ou não sua ação para sair do cenário.



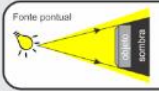
A qualquer momento você poderá solicitar explicação ao “Albert”, seu amigo virtual que apresenta comentários sobre o laboratório/conteúdo que você está visualizando. Para chamar o “Albert”, pressione a tecla “E”.

## Albert Explica

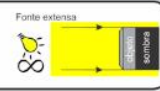
Antes de continuarmos, vou te explicar a diferença entre uma fonte pontual e uma fonte extensa. Chamamos de fonte pontual qualquer fonte de luz que é pequena em relação ao objeto(s) que irá iluminar (uma lâmpada em uma sala). Já uma fonte extensa possui dimensões consideráveis em relação ao objeto que está iluminando (sol em relação à Terra).


Atento a isto, observe que o tamanho das sombras aumentam ou diminuem de acordo com o tipo de fonte. Em uma fonte extensa, os raios luminosos chegam ao objeto de forma paralela, diminuindo assim o tamanho da sombra. No pontual, os raios tangenciam o objeto, aumentando a sombra.

Fonte pontual



Fonte extensa





Para testar os comandos e as teclas de ações, acesse o Lab101. Para isso, clique sobre o menu “Laboratórios e em seguida, clique na opção “Lab101 – Por que enxergamos?”. Ao carregá-lo, clique sobre o botão “Luz Ambiente” localizado na parte inferior da tela. Em seguida, movimente o personagem sobre o cenário e utilize as teclas de ação do *submenu* para verificar o que ocorre.

**Observação:** Telas de introdução ao conteúdo abordado em cada laboratório são apresentadas no momento em que esses são carregados. Essas podem também ser acionadas pressionando a tecla “I”.

Por que enxergamos ?

Um dos grandes desafios entre os filósofos gregos, como Platão e Aristóteles, era responder a pergunta: Por que vemos um objeto? Uma das suposições à época era que os nossos olhos emitiam pequenas partículas de luz, que ao atingir um objeto, tornavam-no visível. Atualmente, sabe-se que isso não ocorre e o motivo pelo qual enxergamos os objetos à nossa volta é devido à reflexão da luz.

Objetivo

Você entrou em uma sala escura e tem que descobrir todos os objetos presentes nela. Utilizando o Painel de Iluminação, alterne entre as lâmpadas disponíveis e veja como o ambiente se revela.

Continuar

Para fechar essa tela, basta clicar no botão “Continuar”.

## APÊNDICE XV: LAB101 – POR QUE ENXERGAMOS?

### Introdução

O interesse pela visão data da Antiguidade, quando os antigos filósofos buscavam explicações para o fenômeno pelo qual podemos enxergar os objetos à nossa volta. As primeiras tentativas de explicar o processo partiam do pressuposto que nossos olhos emitiam raios de luz em direção a um objeto e por isso podíamos enxergá-lo. Esse conceito foi logo abortado pois observou-se que, na ausência de luz, o ser humano não consegue distinguir objetos. Dessa observação, concluiu-se que os olhos humanos não emitem raios de luz e sim, os recebem, oriundos da luz refletida pelos objetos.

### Mão na massa

Ao carregar o Lab101, observe que não é possível enxergar nenhum objeto presente no cenário, aliás, o cenário encontra-se completamente escuro (sem ausência de luz). Vamos seguir o roteiro abaixo e observar o que acontece.

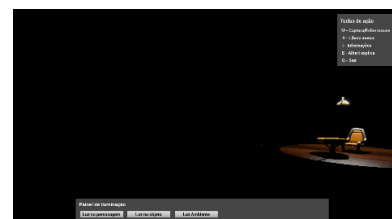
- 1) *Clique no botão “Luz no personagem” (caso o mouse não esteja sendo visualizado, pressione a tecla “m”).*



- a. O que você consegue enxergar agora?
  - i. Repare que quando uma luz é acesa sobre o personagem, você não consegue visualizar nada a não ser seu personagem e o chão no seu entorno.
  - ii. Além do chão, nenhum outro objeto foi capaz de refletir a luz e você também não conseguiu enxergá-los.

- 2) *Clique agora sobre o botão “Luz no objeto”.*

- a. O que você está visualizando agora?
  - i. Uma mesa com cadeira
  - ii. Um carro
  - iii. Uma bola

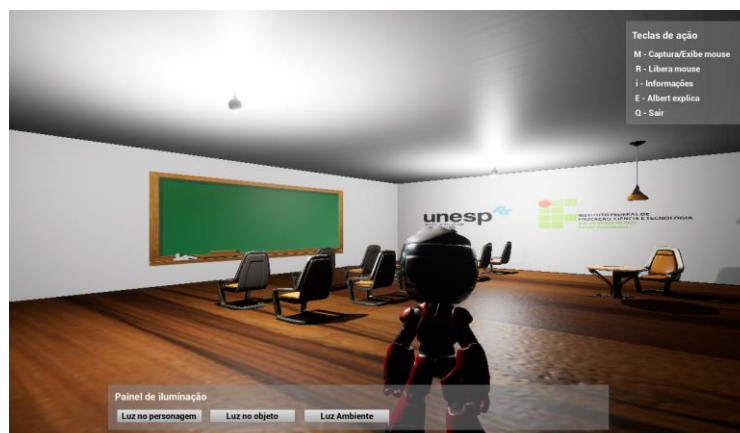


- b. Só foi possível enxergar o objeto devido à reflexão da luz, ou seja, os raios luminosos provenientes da lâmpada localizada sobre a mesa, são refletidos pela mesa e cadeira e estes são absorvidos pelo nosso olho.



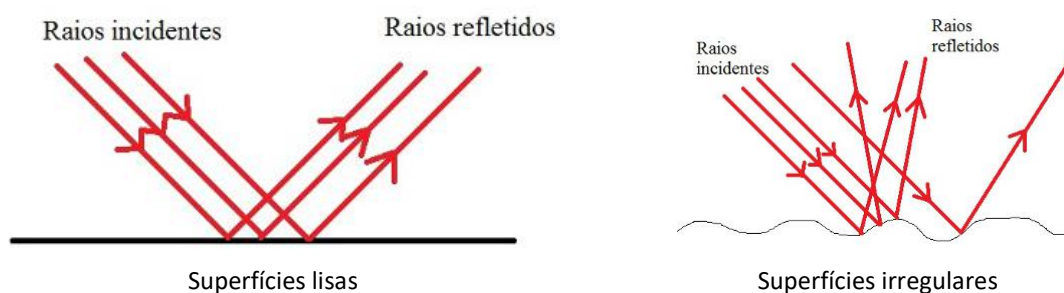
3) Pressione o botão “Luz no ambiente”.

- E agora, o que você está enxergando?
- Por que ao acender uma lâmpada que ilumina todo ambiente você consegue visualizar todos os objetos presentes?



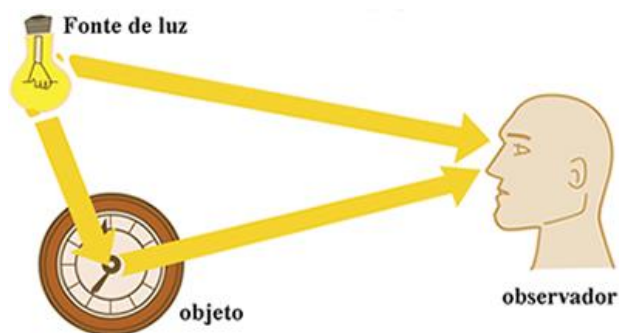
### Explicação

A luz no ambiente permite que você enxergue todos os objetos, pois estes irão refleti-la até seus olhos. A reflexão da luz não ocorre somente em superfícies lisas como espelhos, e sim em qualquer objeto. A diferença entre superfícies lisas e irregulares está na forma como a reflexão irá ocorrer. As figuras abaixo mostram essa diferença.



Em superfícies lisas, os raios são refletidos em uma única direção (reflexão regular) e paralelos entre si. Em superfícies irregulares, estes são refletidos em várias direções distintas (reflexão difusa). Com base nisso, podemos afirmar que o processo pelo qual enxergamos deve-se ao fato dos objetos ao nosso redor refletirem a luz por eles recebida em direção aos nossos olhos. A figura abaixo mostra esse fenômeno.





***Pense sobre o assunto***

- Se os objetos não fossem capazes de refletir a luz recebida por eles, o que enxergaríamos?
- Se ao invés de recebermos a luz refletida pelos objetos, nossos olhos emitissem luz, como pensavam os antigos gregos, o que poderíamos enxergar. Assuma na sua reflexão as possibilidades dos objetos refletirem ou não a luz. Tente desenhar o que você pensou.
- Veja o que o “Albert” pensa sobre o assunto. Pressione “E”.

## APÊNDICE XVI: LAB102 – PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ

### Introdução

A luz, diferentemente de outros tipos de ondas, se propaga em linha reta. Vários exemplos confirmam esse princípio, por exemplo, a luz que sai de uma lanterna ou de um feixe de laser. Por essa razão, a luz quando se depara com obstáculos, projeta sombras. Observe a imagem abaixo.

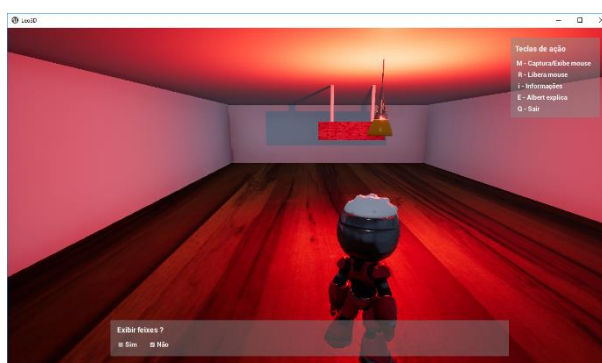


Veja que a luz do sol projetou a sombra da mão. Isso só foi possível devido à propagação retilínea. Se a luz pudesse fazer curvas, nenhuma sobre seria projetada, pois ela seria capaz de contornar a mão e clarear a parte abaixo da mão.

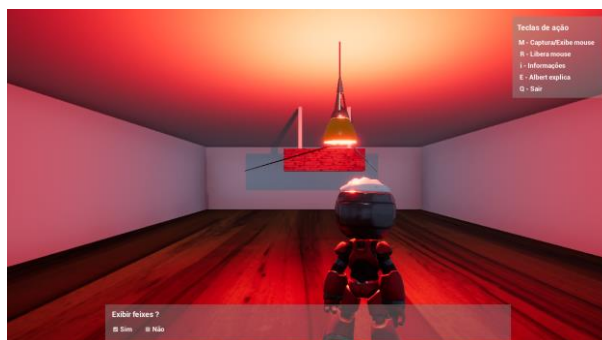
### Mão na massa

Ao carregar o Lab102, você é posicionado em uma sala que possui três corredores. O da esquerda (verde) possui duas fontes de luz. O central (vermelho), apenas uma fonte de luz e o da direita (azul), uma fonte móvel de luz. Vamos começar pelo corredor vermelho, localizado logo à frente do personagem. Ande até ele.

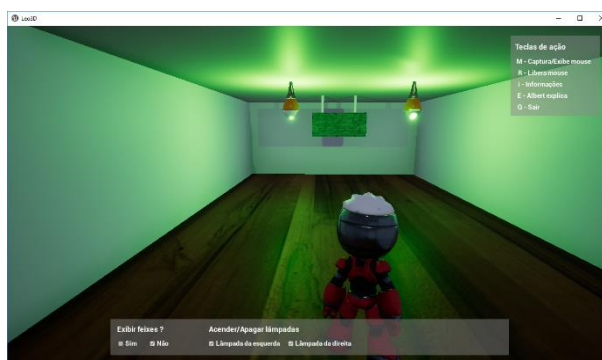
#### 1) Corredor “fonte única de luz” – lâmpada na cor vermelha



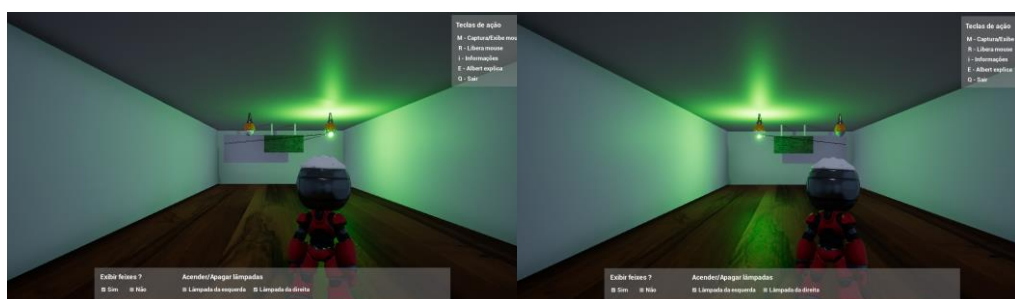
- a. Observe a sombra projetada na parede
  - i. Essa sombra é formada pelos infinitos raios luminosos que saem da lâmpada e tangenciam o obstáculo localizado à sua frente.
  - ii. Para visualizar dois desses raios, marque a opção “Sim” no submenu de ação inferior. Repare que a luz está se propagando em linha reta e estes dois raios representam infinitos raios paralelos a estes que proporcionam a formação da sombra. O mesmo fenômeno ocorre na parte superior e inferior da sombra.



## 2) Corredor “duas fontes fixas de luz” – luz verde



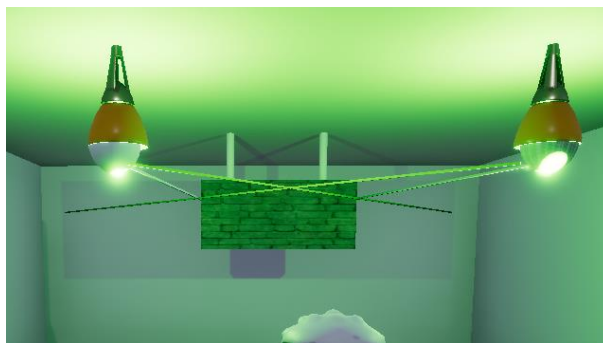
- a. Observe agora a sombra projetada
  - i. Perceba que esta possui uma área mais clara e uma área mais escura. Por que?
- b. Para entender o que está acontecendo, apague a lâmpada da esquerda no *submenu* inferior (desmarque-a).
  - i. Observe agora que apenas uma sombra localizada à esquerda do objeto é projetada. Dois dos infinitos raios de luz responsáveis por essa sombra podem ser visualizados ao marcar a opção “Sim” do “Exibir feixes”.
  - ii. Seguindo o princípio da propagação retilínea da luz, se a lâmpada está posicionada à direita de um objeto, esta irá projetar uma sombra à esquerda. Alterne entre as lâmpadas da esquerda e direita e veja como a sombra muda de lugar.



Lâmpada da direita acesa

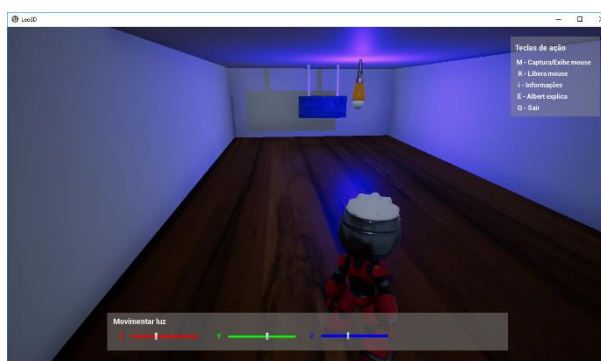
Lâmpada da esquerda acesa

- c. Agora, acenda novamente as duas lâmpadas e observe o comportamento da sombra.



- i. Apague e acenda uma das lâmpadas e observe sempre o comportamento da sombra. Faça isso várias vezes.
  - a. As áreas claras localizadas à esquerda da sombra e à direita da sombra recebem luz das duas fontes. Observe o traçado dos feixes.
  - b. As áreas de sombras mais claras (penumbra) recebem luz de uma das fontes e sombra da outra. No desenho acima, podemos observar que a área de sombra clara localizada à esquerda do obstáculo recebe luz da lâmpada esquerda e sombra da lâmpada da direita. O comportamento inverso é encontrado na sombra clara localizada à direita do objeto.
  - c. A área de sombra escura (centro) é formada pela ausência de luz das duas lâmpadas, ou seja, essa região não recebe iluminação nenhuma.

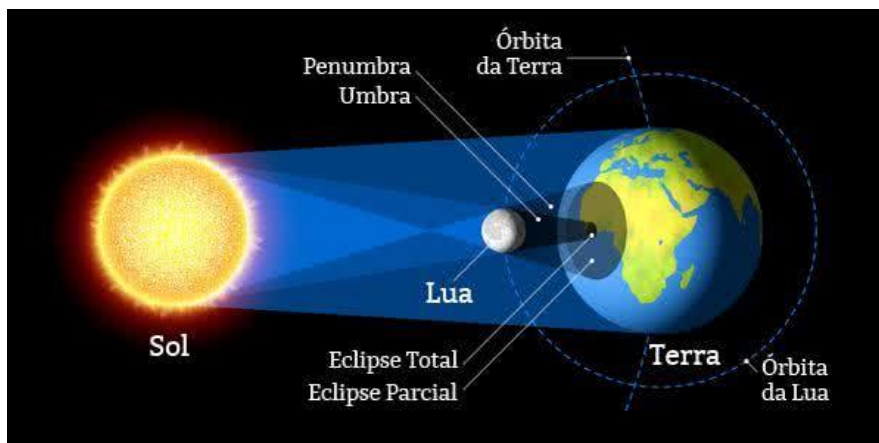
### 3) Corredor “fonte única móvel de luz” – luz azul



- a. Para confirmar que a luz sempre se propaga em linha reta, movimente a lâmpada azul nos eixos X, Y e Z e observe o comportamento da sombra.

#### **Explicação**

Nos três corredores, foi possível visualizar experimentos que comprovam que a luz se propaga em linha reta. Essa mesma propriedade é que explica o eclipse solar, momento no qual a lua fica entre o sol e a Terra. Nesse fenômeno, podemos observar uma área de sombra total e uma área de penumbra. Observe o desenho abaixo.



Mesmo não havendo duas fontes de luz, como observado no corredor verde, as dimensões do sol e a distância dele em relação à Terra provocam uma área de penumbra. Essa área é onde ocorre o eclipse parcial. O eclipse total só ocorre na área onde a sombra total, também conhecida como umbra.

***Pense sobre o assunto***

- Existiria eclipse sem a propagação retilínea da luz?
- Todos os objetos na Terra possuem uma área de penumbra?

## APÊNDICE XVII: LAB103 – FORMAÇÃO DE SOMBRAS

### Introdução

Após sabermos que a luz se propaga sempre em linha reta, vamos agora observar o comportamento das sombras de acordo com a posição da lâmpada. Observe as sombras abaixo. Essas sombras podem ser formadas pelo mesmo objeto?

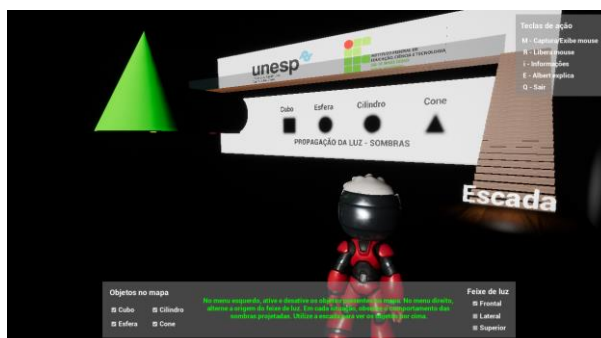


### Mão na massa

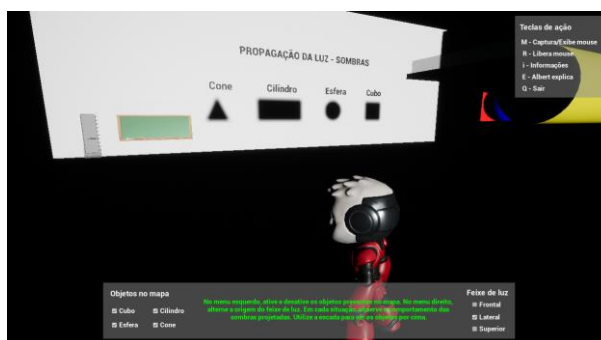
Ao carregar o Lab103, você é posicionado em uma sala com vários objetos suspensos no ar (cubo, esfera, cilindro e um cone). Além disso, três fontes de luz iluminam a sala (frontal, lateral e superior). A parede com logotipo do IFSULDEMINAS e da UNESP recebe as sombras da luz frontal. A parede lateral esquerda com a frase “PROPAGAÇÃO DA LUZ – SOMBRAS” e um quadro verde recebe as sombras da luz lateral, e o chão, as da luz superior. Vamos ver o comportamento de cada sombra, mas antes disso, ande pelo cenário e veja o formato dos objetos suspensos.

#### 1) Alternando as fontes de luz

- a. Deixe apenas a luz frontal selecionada no *submenu* inferior



- i. Observe que a sombra do cubo é um quadrado, a da esfera e do cilindro um círculo e a do cone, um triângulo.
- b. Desmarque a luz frontal e selecione a luz lateral. Gire a câmera em direção à parede lateral (mouse).



- i. Observe que a sombra do cubo, da esfera e do cone não se alteraram, porém, a sombra do cilindro que antes era um círculo, agora é um retângulo.

- c. Desmarque a luz lateral e selecione a luz superior. Suba a escada localizada na lateral da sala e olhe para baixo.



- i. Observe agora que as sombras do cubo, da esfera e do cilindro em relação à luz lateral não se alteraram, porém, a sombra do cone transformou-se de um triângulo para um círculo.

### Explicação

A sombra de um objeto é formada pela área da seção que recebe a luz. Vamos tomar como exemplo o cilindro. Quando este é iluminado por uma luz frontal, a seção que recebe iluminação tem formato de um retângulo (Figura 1 – área mais escura). Quando a iluminação é superior, a seção tem formato de um círculo (Figura 2 – área mais clara). O mesmo comportamento ocorre para os demais objetos, exceto para o cubo e a esfera, que são simétricos e por este motivo, possuem sempre a mesma área de seção iluminada (Figuras 3 e 4).



Figura 1

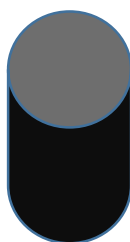


Figura 2

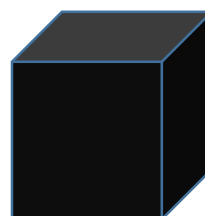


Figura 3

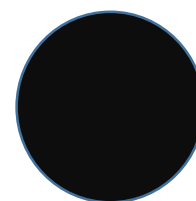
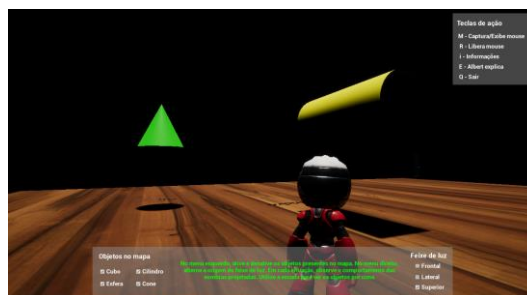


Figura 4

Para confirmar essas afirmações, ande pelo cenário e observe cada objeto. Cada um possui uma cor. A área que você consegue observar a cor dele, é a seção que está recebendo iluminação. A área na qual ele encontra-se na cor preta, é a seção que não recebe iluminação. A seção iluminada é a que irá projetar a sombra. Observe as imagens abaixo das seções do cilindro que recebem ou não a luz. Observe a seção inferior do cilindro não recebe luz e por isso encontra-se escura.



Seção do cilindro que recebe luz superior



Seção do cilindro que não recebe luz superior

### ***Pense sobre o assunto***

- Existem sombras tridimensionais?
- A sombra está ou não relacionada com o fenômeno de propagação retilínea da luz?



## APÊNDICE XVIII: LAB104 – OBJETOS E SUAS SOMBRAS

### Introdução

No laboratório anterior, observamos que a sombra de um objeto varia de acordo com a seção que está recebendo luz. A fonte de luz pode ser classificada de duas formas: i) fonte extensa; ii) fonte pontual ou puntiforme. Uma luz puntiforme é aquela na qual suas dimensões são desprezíveis em relação ao ambiente, enquanto uma fonte extensa, suas dimensões são consideráveis. O sol, por exemplo, é uma fonte de luz extensa em relação à Terra, ao contrário de uma lâmpada em uma sala, que é uma fonte pontual em relação ao ambiente que ela ilumina.

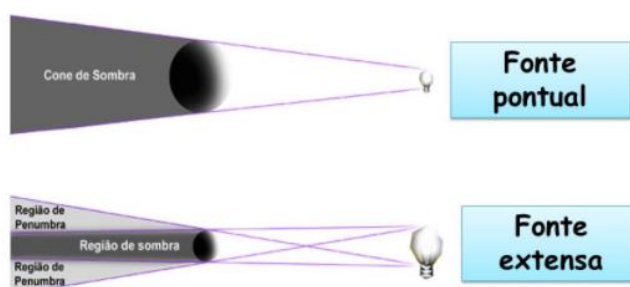
De acordo com o tipo de fonte, a sombra apresenta um comportamento distinto. Um objeto iluminado por uma fonte pontual pode apresentar uma área de penumbra, que não é vista quando iluminada por uma fonte extensa.

### Mão na massa

Ao carregar o Lab104, você é posicionado em uma sala com um objeto suspenso e dois tipos de fontes de luz (pontual e extensa). Inicialmente, a luz extensa está selecionada. Observe o comportamento da sombra.

#### 1) Alternando as fontes de luz

- a. Alterne entre as fontes de luz extensa e pontual
  - i. Observe que a sombra projetada aumenta ou diminui de acordo com o tipo de luz selecionada. Uma fonte extensa projeta raios paralelos ao objeto, enquanto uma fonte pontual, projeta raios que tangenciam o objeto. Veja a figura abaixo:



- ii. As sombras oriundas de uma fonte extensa são menores do que o anteparo (objeto) e produzem uma área de penumbra, que algumas situações, são difíceis de serem percebidas. As sombras de uma fonte pontual são maiores do que o anteparo, e não produzem penumbra.

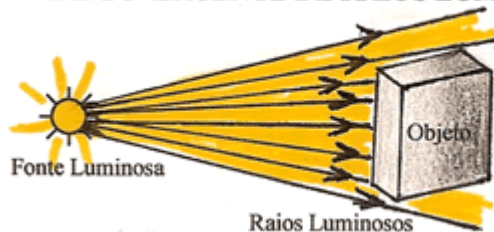
#### 2) Movimentando os objetos

- a. Utilizando os controles deslizantes, gire, incline e rotacione os objetos.
- b. Altere os objetos através da caixa de seleção.

### Explicação

As fontes de luz que possuem dimensões desprezíveis em relação ao ambiente em que se encontram, são chamadas fontes pontuais. Essas caracterizam-se pela emissão de raios de luz em todas as direções e os raios normalmente tangenciam os objetos próximos, fazendo com que a sombra seja maior do que o próprio objeto. Esses feixes são comumente conhecidos como “feixe divergente”. As fontes extensas são aquelas com dimensões consideráveis em relação ao ambiente e normalmente seus raios chegam de forma paralela aos objetos que elas iluminam.

#### FEIXE DIVERGENTE DE RAIOS LUMINOSOS



#### FEIXE PARALELO DE RAIOS LUMINOSOS

( A fonte luminosa está no infinito )



#### ***Pense sobre o assunto***

- Uma fonte pontual pode em algum momento ser considerada extensa?
- A luz do seu quarto é pontual ou extensa?

## APÊNDICE XIX: LAB105 – INDEPENDÊNCIA DOS RAIOS

### Introdução

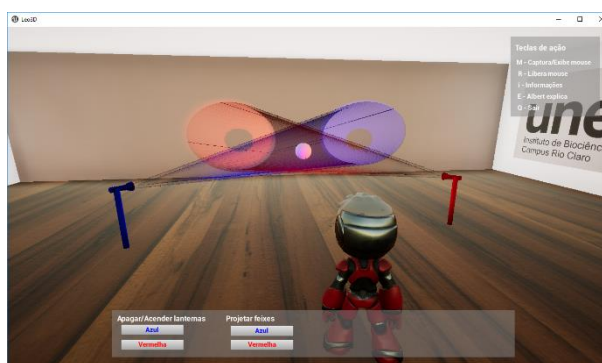
Nos laboratórios anteriores você aprendeu que a luz se propaga sempre em linha reta, porém, o que acontece se dois feixes de luz se cruzarem?

Por ser uma onda, a luz segue alguns princípios durante sua propagação e um deles é a independência dos raios. Este princípio garante que dois raios luminosos ao se cruzarem continuarão suas trajetórias sem que um interfira no outro. Um exemplo desse fenômeno é a sombra de um jogador de futebol durante um jogo noturno. Devido aos refletores, é possível perceber não só uma sombra, mas quatro. Outro exemplo pode ser observado durante um show, quando um holofote vermelho e outro azul são direcionados para um cantor. As duas luzes irão se cruzar e continuar suas trajetórias.



### Mão na massa

Ao carregar o Lab105, você é posicionado em uma sala com um objeto (esfera) suspenso e duas lanternas acesas (uma vermelha e outra azul). A lanterna vermelha emite um feixe de luz vermelha e a lanterna azul, um feixe de luz azul. Inicialmente, as duas lanternas estão acesas.

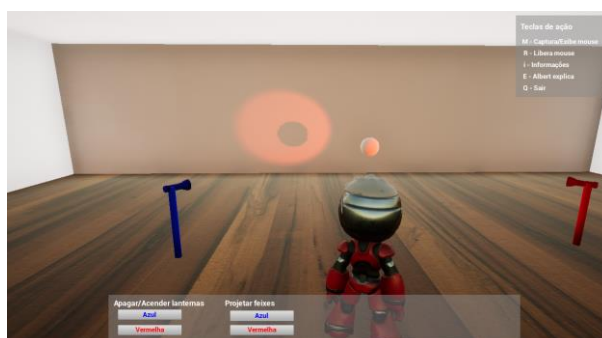


#### 1) Apagando as lanternas

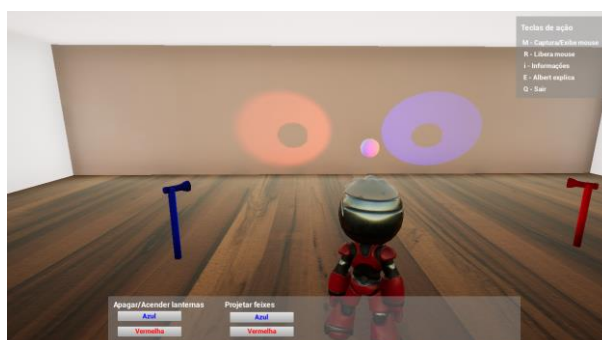
- a. No *submenu* inferior, apague inicialmente a lanterna vermelha.
  - i. Observe que a esfera agora só recebe luz de uma das lanternas. Aproxime-se da esfera e veja que a sua superfície está com a coloração azul. Além disso, observe a sombra na parede.



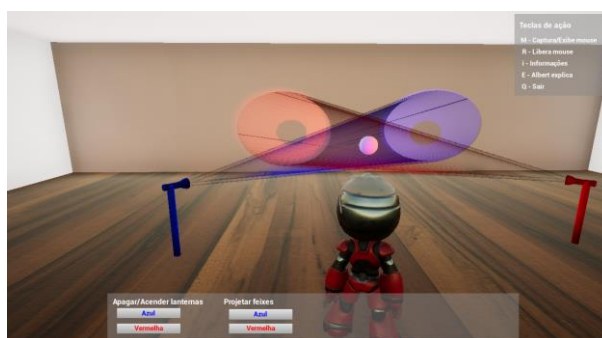
- b. Apague a lanterna azul.
- i. Observe que a cor da superfície da esfera agora ficou branca.
- c. Acenda a lanterna vermelha e observe novamente a cor da superfície da esfera.



- d. Acenda por último as duas lanternas e observe a cor na superfície da esfera.



- e. Projete os feixes das duas lanternas para poder observar o caminho feito pela luz.



- i. Observe que a luz da lanterna azul passa pela luz da lanterna vermelha sem interferir ou alterar sua trajetória. O mesmo pode ser observado para a luz da lanterna vermelha.
- ii. Além disso, observe também a cor da superfície da esfera azul, que é uma combinação das cores vermelha e azul.

**Explicação**

Devido ao princípio da independência dos raios, pode-se observar que a luz de uma lanterna não interfere na luz da outra lanterna. Dessa forma, temos que um raio de luz não interfere no outro, por isso as diversas sombras de um jogador de futebol durante um jogo noturno. Cada refletor irá produzir uma sombra.

**Pense sobre o assunto**

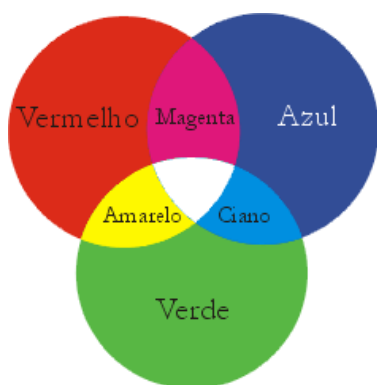
- O que aconteceria se não existisse o princípio da independência dos raios? Tente imaginar essa situação com dois veículos em sentido contrário à noite em uma rodovia.

## APÊNDICE XX: LAB106 – OBJETOS E SUAS CORES

### Introdução

Por que podemos visualizar a cor de um objeto? A cor do objeto varia de acordo com a cor da lâmpada? Um objeto amarelo iluminado por uma lâmpada azul será visualizado de que cor?

As perguntas acima parecem fáceis de serem respondidas, porém, a cor no qual visualizamos um objeto depende da cor da fonte de luz que o ilumina. No dia-a-dia nos deparamos com objetos iluminados pela luz solar, que é “branca”. Essa luz possui todos os comprimentos de ondas visíveis do espectro eletromagnético, conforme pode ser observado na imagem abaixo.



Azul + verde = ciano

Verde + vermelho = amarelo

Vermelho + azul = magenta

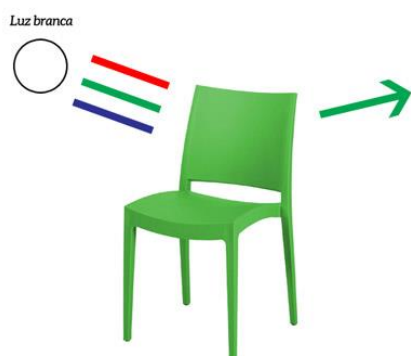
Vermelho + azul + verde = branco

Observe que além da luz branca, outras cores podem ser obtidas pela combinação de duas ou mais cores, como o ciano, que é a combinação do azul com o verde.

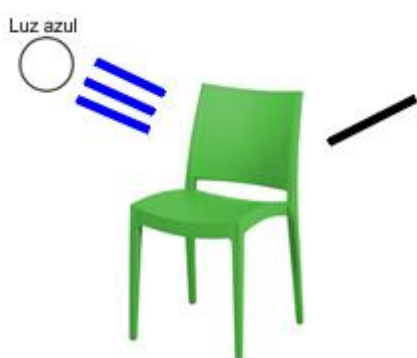
Bem, e o que isso tem a ver com a cor de um objeto???



Tudo, pois a cor de um objeto é dada pela capacidade que este tem de refletir uma das cores do espectro eletromagnético e absorver as demais, ou seja, um objeto azul reflete o espectro azul e absorve os demais. Veja a figura abaixo.



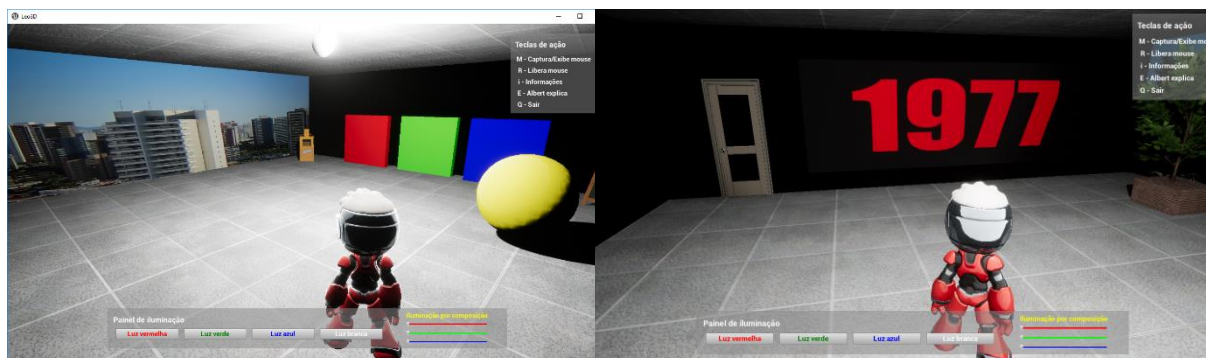
A cadeira verde iluminada por uma lâmpada de cor branca reflete o espectro verde e absorve os demais.



A mesma cadeira agora iluminada por uma lâmpada de cor azul, não conseguirá refletir nenhuma cor. Sendo assim, ela será vista na cor preta.

### **Mão na massa**

Observe todos os objetos presentes cenário. Observe os painéis com as cores primárias, a esfera na cor amarela, o painel com a vista de uma cidade e, atrás da sala, o número 1977 na cor vermelha.

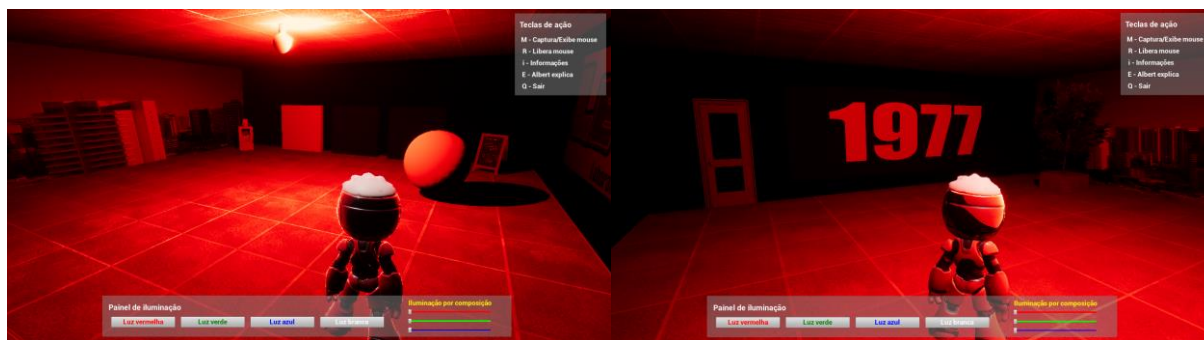


Todos esses objetos estão sendo visualizados em suas cores reais, pois uma lâmpada de cor branca está acesa.

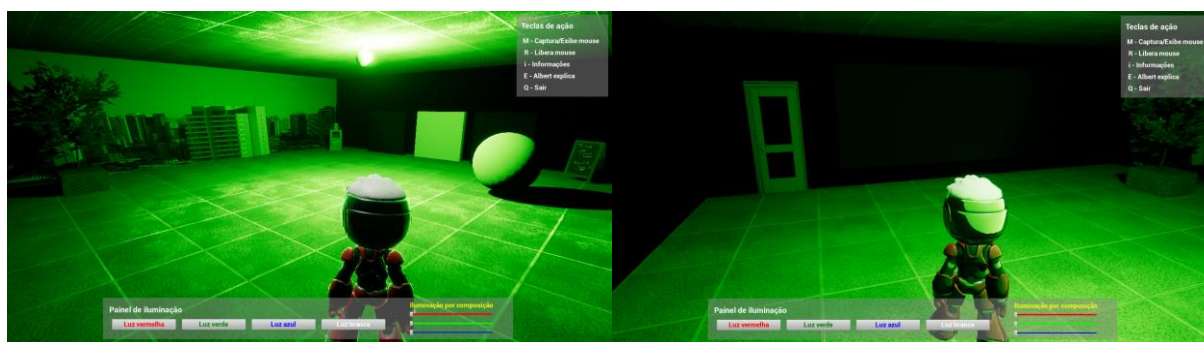
#### **1) Alterando a cor da lâmpada**

- a. No *submenu* inferior, clique sobre a luz de cor vermelha.
  - i. Observe agora a cor dos objetos presentes na sala. Com exceção daqueles que possuem a cor vermelha, todos os demais ficaram escuros (na cor preta). Isso ocorreu pelo fato da luz vermelha emitir apenas o espectro vermelho e objetos que não possuem essa cor, não conseguem refleti-la.
  - ii. A esfera amarela não ficou escura pois a cor amarela é formada pela combinação das cores vermelha e verde.
  - iii. Observe também o número 1977 localizado na parte de trás da sala.

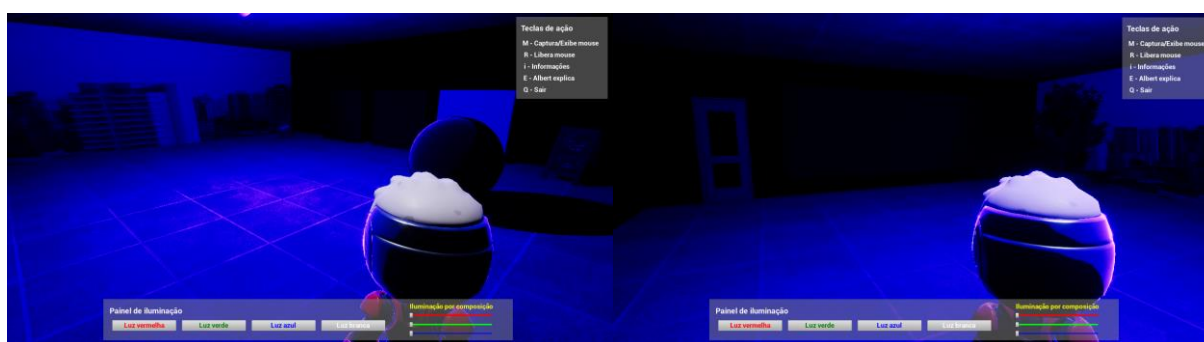




- b. Acenda a luz verde no painel de iluminação
  - i. Observe novamente todos os objetos na sala.
  - ii. Observe a cor da esfera que agora está verde.
  - iii. Observe que não é mais possível enxergar o número 1977.



- c. Acenda agora a luz azul no painel de iluminação.
  - i. Observe novamente todos os objetos da sala.
  - ii. Observe que a esfera amarela agora ficou escura.
  - iii. Observe também que o número 1977 não é possível de ser visto.



## 2) Criando sua própria cor de lâmpada

- a. No painel de iluminação (iluminação por composição) utilize dos controles deslizantes para criar a sua cor de lâmpada. À medida que você for adicionando as cores, observe como a cor dos objetos se comportam, principalmente o número 1977.
- b. Se você adicionar 100% das três cores básicas (vermelho, verde e azul) você voltará a obter a cor branca.



**Explicação**

Como pode ser observado na introdução, cada objeto possui a capacidade de refletir o espectro eletromagnético de sua cor. A fonte luminosa de cor branca possui todos os espectros, ao contrário de uma fonte de cor azul, que possui apenas o espectro azul. Dessa forma, quando um objeto azul é iluminado por uma cor branca, este irá refletir o espectro azul e absorver os demais. Este mesmo objeto sendo iluminado por uma fonte vermelha, irá absorver o espectro vermelho e não será capaz de refletir nenhuma cor. Isso é o que acontece com o número 1977, que só é capaz de refletir o espectro vermelho. Quando iluminado por uma lâmpada de cor branca, vermelha ou alguma cor que possua o espectro vermelho, este poderá ser visualizado, caso contrário, não.

Objetos de cor escura (um veículo preto) absorvem todos os espectros eletromagnéticos, enquanto objetos de cor branca, refletem todos os espectros.

**Pense sobre o assunto**

- Como seria o mundo se o sol emitisse uma luz magenta?
- Que cor seria a camisa do seu uniforme de escola?
- Por que um veículo da cor preta fica mais quente do que um veículo da cor branca?

## APÊNDICE XXI: LAB107 – RELÓGIO SOLAR

### Introdução

O Relógio Solar ou Relógio de Sol é um dispositivo utilizado para medir a sucessão de horas de um dia através da sombra gerada pela luz do sol. Como a Terra gira em torno do sol, com o passar do dia as sombras deslocam-se do oeste para o leste, possibilitando assim a marcação das horas. Existem diversos modelos de relógio solar sendo o relógio de jardim o mais fácil de ser encontrado. Este é formado por uma superfície plana (mostrador) e uma haste responsável por gerar a sombra.



Relógio Solar de Jardim

### Mão na massa

Ao carregar o Lab107, observe o relógio solar de jardim presente no cenário. Ele possui as horas de 6 às 18h pré-definidas e uma haste responsável por projetar uma sombra. Inicialmente, o relógio marca 6h da manhã, simbolizando o nascer do dia.



#### 1) Definindo um horário

- a. No *submenu* superior, digite a hora 10h30. Utilize para isso os espaços destinados à hora e minuto.



- i. Observe que a sombra da haste desloca-se do oeste para o leste, posicionando-se na metade do caminho entre os números 10 e 11, ou seja, marcando 10h30.
- ii. O deslocamento da sombra se dá do oeste para o leste devido à propagação retilínea da luz, pois como sabemos, o sol nasce no leste e se põe no oeste.
- iii. Repita esse processo para as demais horas do dia, lembrando-se, no período noturno, após às 18h, não há como ter sombras.

## 2) Animação das horas durante o dia

- a. No *submenu* superior, marque a opção iniciar animação e observe as horas no relógio solar.
  - i. Observe que todas as sombras movimentam-se com o passar do dia, e não somente a da haste. Isso é o que realmente acontece no nosso dia-a-dia.

## 3) Movimento aparente do sol

- a. No *submenu* inferior, é possível realizar o “movimento” aparente do sol. Neste caso, devemos lembrar que não é o sol que se movimenta, mas sim a Terra. Por razões didáticas, utilizaremos o termo movimento aparente do sol.
  - i. Marque a opção “Movimentar o sol?”
  - ii. Deslize o ícone do sol de leste para oeste e observe a sombra.

## **Explicação**

Como já foi visto, a luz sempre se propaga em linha reta. Esse mesmo fenômeno aplica-se a luz solar. Quando esta chega à Terra, ela gera sombras que podem ser utilizadas para marcar as horas. Vale ressaltar que a construção de um relógio solar deve levar em consideração à posição do local e inclinações na sua haste devem ser realizadas com a finalidade de “acertar” o relógio.

## **Pense sobre o assunto**

- Seria possível marcar as horas por meio de um relógio solar se a luz fizesse curva?

## APÊNDICE XXII: LAB201 – ESPELHOS PLANOS E OBJETOS

### Introdução

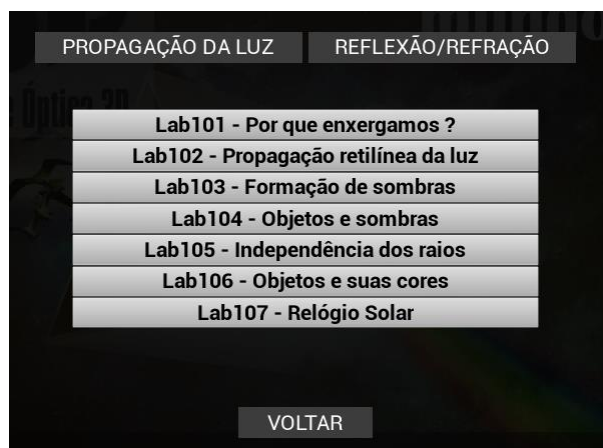
Espelhos planos são superfícies planas que possuem a capacidade de refletir a luz. Os espelhos estão presentes em nosso dia-a-dia e possuem uma série de propriedades, como o enantiomorfismo, que consiste na simetria de dois objetos colocados frente-a-frente. Neste caso, o que é direita de um objeto passar a ser esquerda do outro objeto.



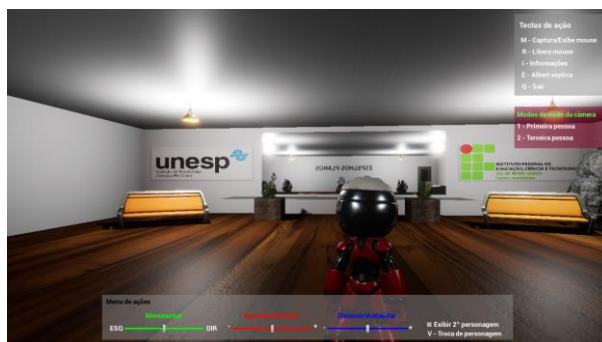
A pata direita do cachorro é a pata esquerda da imagem no espelho.

### Mão na massa

Observação: para ter acesso ao Lab201, clique sobre o botão “REFLEXÃO/REFRAÇÃO” na tela Laboratórios.



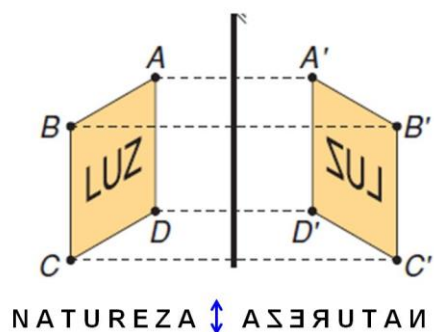
Ao carregar o Lab201, você é colocado dentro de uma sala com um espelho plano localizado à sua frente. Antes de começar a andar pelo cenário, observe algumas coisas: i) a frase “ESPELHO PLANO” presente no espelho; ii) o hidrante localizado no centro da sala; iii) os sofás localizados nos cantos da sala.



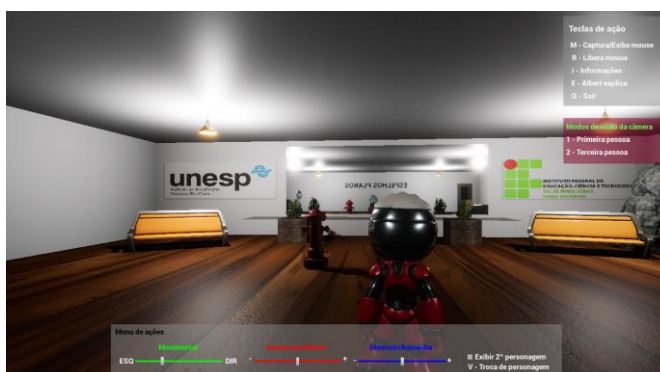
### 1) Enantiomorfismo

- a. A frase “ESPELHOS PLANOS” presente no espelho está invertida em relação à frase original, escrita na parede atrás do personagem.
- i. Isso ocorre pelo enantiomorfismo. Por esse mesmo princípio, as ambulâncias possuem a palavra “ambulância” escrita de trás para frente no seu capô. Quando essa palavra é refletida no retrovisor do carro, ela aparece escrita normalmente.

### ENANTIOMORFISMO



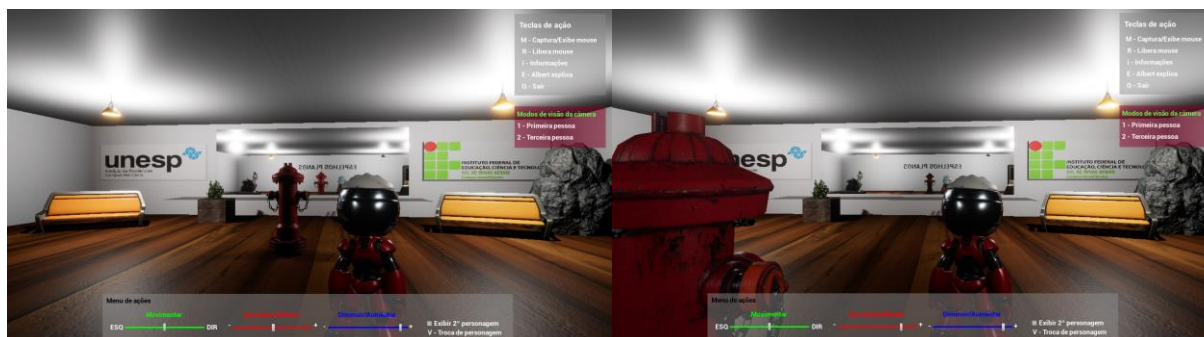
- ii. Esse mesmo princípio pode ser observado ao movimentar o hidrante presente na sala da esquerda para direita ou vice-versa (controle deslizante). Sempre que o hidrante for para a esquerda na sala, sua imagem projetada irá para a direita da sala projetada, e o contrário também, quando ele for para a direita, a sua projeção irá para a esquerda da sala.



**Observação:** a noção de direita e esquerda da imagem no espelho tem que levar em consideração o ponto de vista dentro do espelho. Um exercício básico para entender isso é você se posicionar frente a um amigo. Quando você levantar o braço da esquerda, para ele te acompanhar, ele deverá levantar o braço da direita.

## 2) Altura de um objeto no espelho plano

- a. No *submenu* inferior, utilizando o controle deslizante, aumente ou diminua o tamanho do hidrante localizado na sala.
  - i. Observe que o tamanho do hidrante na imagem refletida é o mesmo do hidrante real. Essa é outra propriedade dos espelhos planos, no qual o tamanho de uma imagem refletida é do mesmo tamanho do objeto real.
  - ii. Repare esse mesmo fenômeno ao aproximar/afastar o hidrante. Utilize como referência a altura do mesmo em relação à frase “ESPELHO PLANO”.

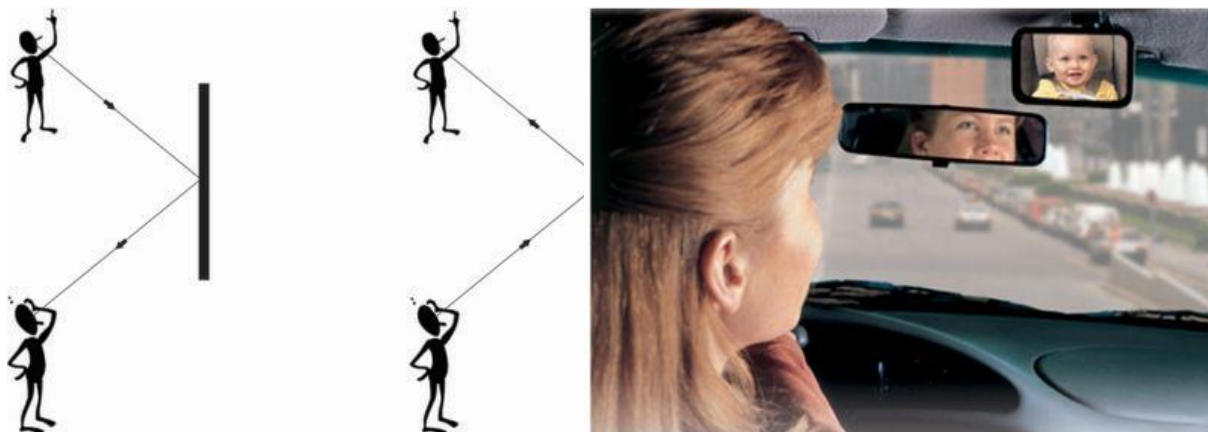


## 3) Reversibilidade dos raios

- a. No *submenu* inferior, marque a opção para exibir o 2º personagem. Neste momento, o Scully será exibido. Este personagem tem uma altura um pouco menor do que o seu personagem e você pode movimentá-lo. Para controlá-lo, pressione a tecla “V”.
 

*Observação:* o Scully é um personagem que possui basicamente os mesmos controles do seu personagem. Ele será utilizado para explicar o princípio da reversibilidade dos raios. Esse princípio indica que para um raio de luz que vai em uma direção, existe outro que volta na direção contrária. Como a luz possui a propriedade da independência dos raios, um não interfere no outro. Esse é o motivo pelo qual a mãe consegue visualizar um filho no retrovisor e esse consegue visualizá-la também.





- i. Com o *Scully* no cenário, desloque ele para o lado do personagem, conforme a figura abaixo.



- ii. Alterne entre os dois personagens utilizando a tecla V. Observe que a cada troca, você consegue visualizar os dois personagens no espelho.



- iii. Alterne entre os personagens utilizando a tecla V. Observe que você não será capaz de visualizar a imagem do *Scully* no espelho através do seu personagem e vice-versa.
- iv. Esse mesmo fenômeno pode ser observado utilizando o hidrante. Para isso, desmarque a opção “exibir 2º personagem”.
- v. Posicione o hidrante totalmente à esquerda.
- vi. Posicione o personagem no centro da sala e altere o modo de visão para “Primeira pessoa”. Pressione o número 1 para essa ação.



- vii. Movimente o personagem para a esquerda e para a direita. Observe que em determinados momentos, você não conseguirá ver o hidrante. Neste momento, você está fora do campo de visão do hidrante e novamente o princípio da reversibilidade de raios foi visualizado. Neste caso, os raios refletidos do hidrante não chegam aos olhos do seu personagem.

### **Explicação**

Como você pode observar, os espelhos planos possuem diversas propriedades, a maioria delas já presenciadas por você mas sem o conhecimento científico. A reversibilidade dos raios, o enantiomorfismo e a altura de uma imagem nesses espelhos são os principais aspectos a serem observados. Lembre-se, a altura do seu reflexo em um espelho plano será sempre a sua altura, independentemente da distância que você está do espelho. Além disso, nunca se esqueça da reversibilidade dos raios.



### **Pense sobre o assunto**

- Um espelho circular pode ser plano?
- Se uma pessoa com altura de 1,80 metros estiver distante 30 metros de um espelho. Qual é a altura dela no espelho?



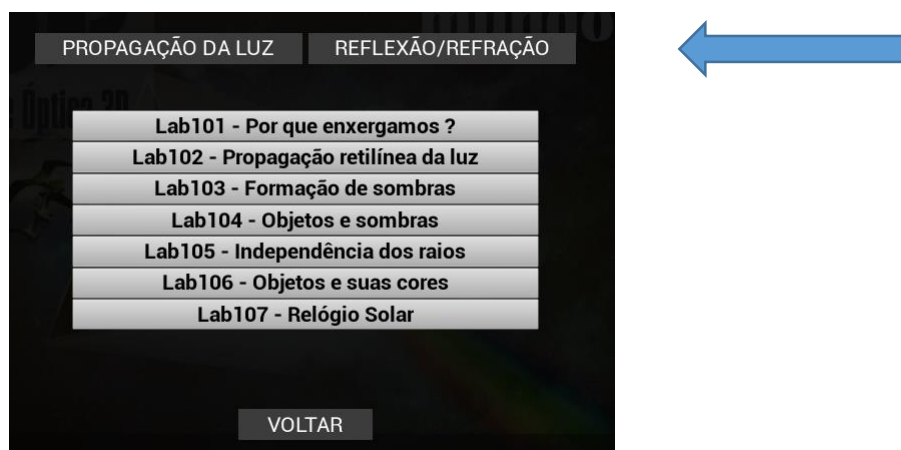
## APÊNDICE XXIII: LAB202 – REFLEXÃO DA LUZ

### Introdução

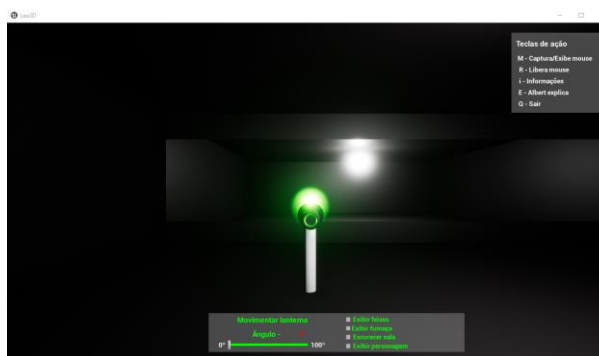
No Lab201 você se deparou com espelhos planos e seus princípios. Agora, vamos estudar como a luz se reflete nesse tipo de espelho.

### Mão na massa

Observação: para ter acesso ao Lab202, clique sobre o botão “REFLEXÃO/REFRAÇÃO” na tela Laboratórios. O Lab202 não possui personagem por padrão.

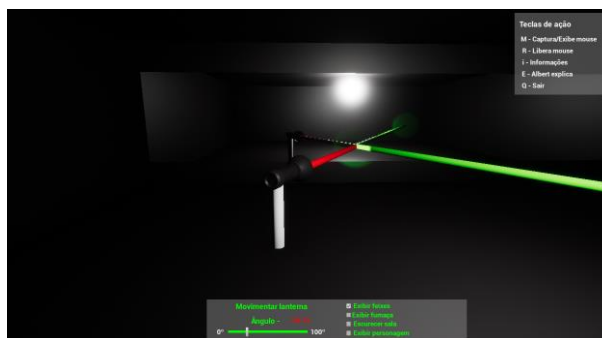


Ao carregar o Lab202, você se depara com uma lanterna acesa que emite uma luz verde na direção de um espelho plano.



### 1) Ângulo de incidência e ângulo de reflexão

- a. Em espelhos planos, os ângulos de incidência e reflexão são os mesmos, ou seja, se um raio incide em um ângulo de  $30^\circ$ , este será refletido em  $30^\circ$ .
  - i. No menu inferior, movimente a lanterna em um ângulo entre  $0^\circ$  e  $100^\circ$ .
  - ii. Marque a opção “Exibir feixes”.
  - iii. Observe o feixe de cor vermelha. Ele indica o raio incidente. O feixe de cor verde, o raio refletido. Observe que os dois possuem os mesmos ângulos.



- iv. Observe também a formação das imagens no espelho plano. Essa é formada pela projeção do raio incidente e se forma “atrás” do espelho. A distância de um objeto para o espelho é a mesma do seu reflexo para o espelho. Exiba o personagem para comprovar essa afirmação. Aproxime-o do espelho e depois afaste-o.
- v. Movimente a lanterna até alcançar um ângulo próximo a  $72^\circ$ . Observe que neste momento, o raio incidente não incide mais sobre o espelho, encerrando assim a sua reflexão no espelho.

*Observação: o fato do raio não incidir mais sobre o espelho não indica que ele não está mais sendo refletido, porém, a reflexão agora é difusa e não segue mais os princípios dos espelhos planos.*



## 2) Dispersão da luz (efeito Tyndall)

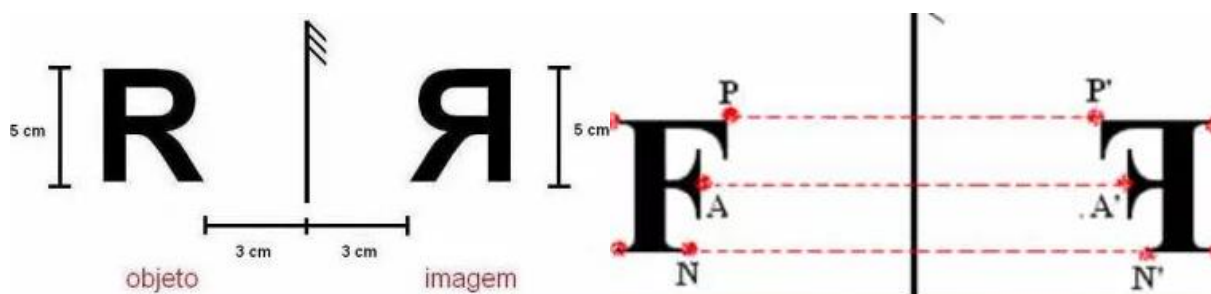
- a. No *submenu* inferior, marque as opções “Exibir fumaça” e “Escurecer sala” e depois desmarque a opção “Exibir feixes”.
  - i. Observe que em determinados momentos, é possível observar – ver – a luz sendo refletida nas partículas de fumaça.



- ii. Esse efeito, também conhecido como *Tyndall*, ocorre pelo espalhamento da luz em partículas suspensas no ar. Neste caso, é possível visualizar o trajeto que a luz faz, pois estas partículas, ao espalhar os raios luminosos, atuam como fontes luminosas secundárias.

### Explicação

Como você pode observar nos Lab201 e Lab202, os espelhos planos possuem diversas propriedades. Todas partem do princípio da reflexão da luz, no qual os ângulos de incidência e reflexão são os mesmos. Além disso, podemos observar que a distância de um objeto para o espelho é a mesma do espelho para o reflexo, o que garante que a imagem é formada “atrás” do espelho. Essa imagem é formada pelo prolongamento dos raios, conforme pode ser visualizado nas figuras abaixo.



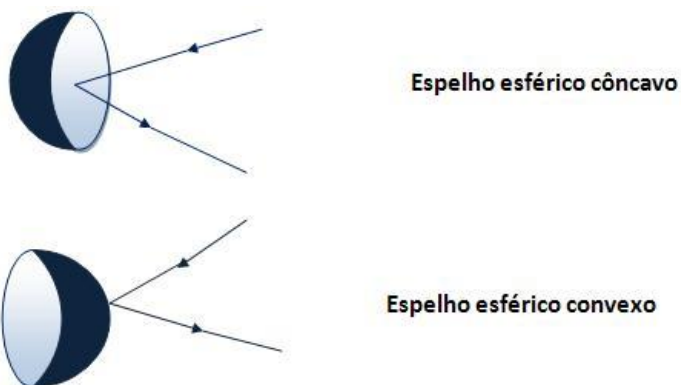
### Pense sobre o assunto

- Como seria as imagens de um espelho plano se elas fossem formadas na superfície do espelho? Haveria noção de profundidade?

## APÊNDICE XXIV: LAB203 – ESPELHOS ESFÉRICOS

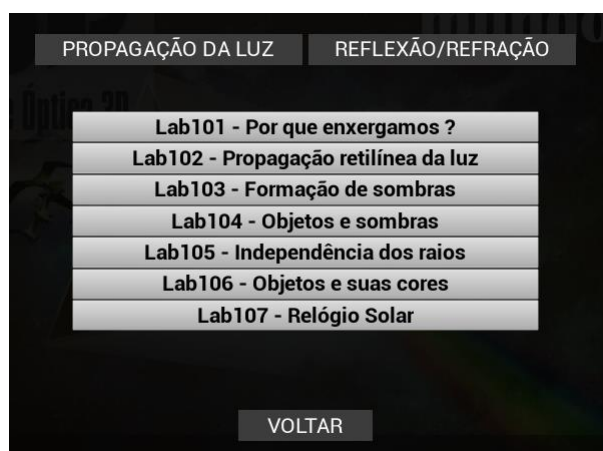
### Introdução

Espelhos esféricos são espelhos que possuem características próprias na formação de suas imagens. São classificados em dois tipos: i) côncavos; ii) convexos.

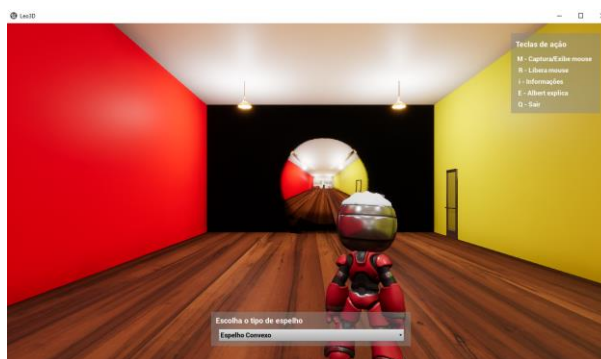


### Mão na massa

Observação: para ter acesso ao Lab203, clique sobre o botão “REFLEXÃO/REFRAÇÃO” na tela Laboratórios.



Ao carregar o Lab203, se depara com uma sala colorida com um espelho esférico localizado na frente da sala.

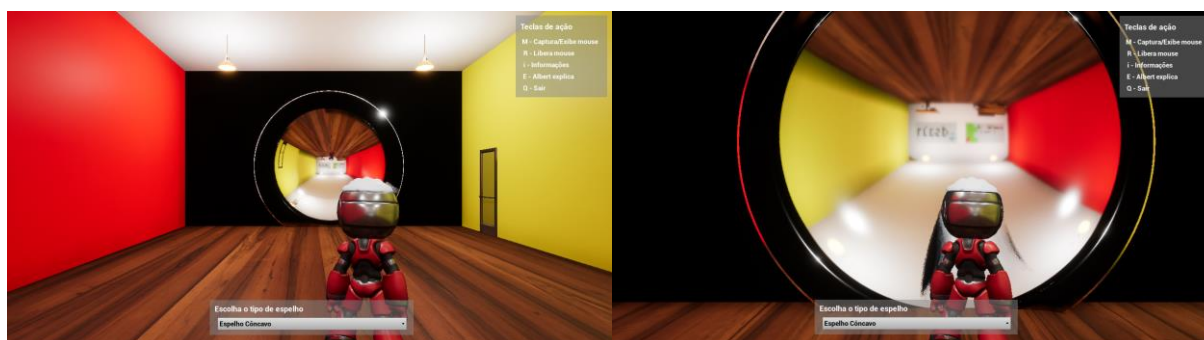


### 1) Espelho convexo

- a. Os espelhos convexos são normalmente utilizados para prolongar a visão, ou seja, permitem ampliar o campo de visão. Por esse motivo, são normalmente encontrados em corredores de supermercados, farmácias, saídas de estacionamento, entre outros. Por ampliar o campo de visão, os objetos nele refletidos são menores do que o tamanho real.
  - i. Ande em direção ao espelho e observe a imagem refletida. Observe o tamanho do boneco ao se aproximar.

## 2) Espelho côncavo

- a. Os espelhos côncavos são utilizados em aplicações bem específicas, como alguns tipos de telescópios e projetores. Isso deve-se ao fato do comportamento da imagem refletida, pois ela varia de acordo com a distância do objeto em relação ao espelho, ou mais precisamente, a distância do objeto em relação ao foco do espelho, que é um ponto médio entre o centro e a curvatura do espelho.
  - i. No *submenu* inferior, altere o tipo de espelho.
  - ii. Ande em direção ao espelho e observe a imagem refletida do personagem.
- b. Quando o objeto está atrás do foco do espelho, a imagem refletida invertida e menor do que o objeto real. Quando o objeto está após o foco, a imagem refletida é normal, porém maior do que o objeto, e quando o objeto está sob o foco do espelho, ela é imprópria, ou seja, não é possível visualizá-la.



Personagem antes do foco

Personagem sobre o foco

*Observação: por limitações de recursos, não foi possível demonstrar a imagem após o foco.*

### Explicação

Neste laboratório, foi possível perceber as diferenças entre os espelhos circulares. O mais comum de ser encontrado é o espelho convexo, que tem como finalidade básica ampliar o campo de visão, muito útil na área de segurança. Espelhos côncavos são mais difíceis de serem encontrados e quando o são, normalmente possuem uma imagem de baixa qualidade, exceto quando bem pequenos, como os utilizados por dentistas.

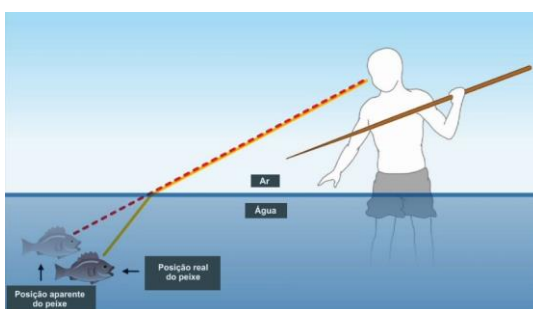
### Pense sobre o assunto

- Por que alguns automóveis possuem espelhos cilíndricos nos retrovisores?

## APÊNDICE XXV: LAB204 – REFRAÇÃO DA LUZ

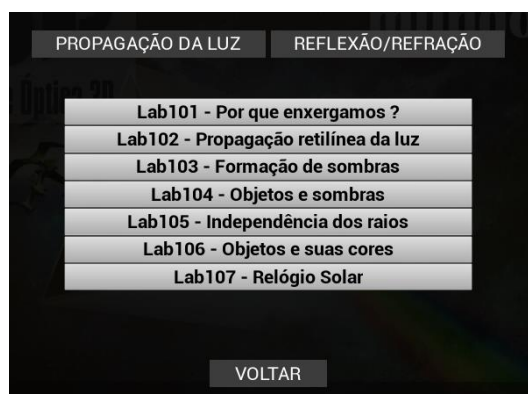
### Introdução

Refração da luz é o fenômeno óptico pelo qual a luz passa de um meio de propagação para outro, por exemplo, do ar para água. É importante frisar que a refração só ocorre quando os meios possuem velocidades diferentes de propagação. O exemplo mais comum é o da pescaria com arpão. O local onde o peixe é visualizado pelo pescador não coincide com a posição real do peixe, como pode ser visto na figura abaixo.



### Mão na massa

Observação: para ter acesso ao Lab204, clique sobre o botão “REFLEXÃO/REFRAÇÃO” na tela Laboratórios.



Ao carregar o Lab204, você é posicionado dentro de um laboratório com diversos tanques, cada um com um índice de refração distinto. Além disso, esse laboratório possui uma sala chamada “Sala de refração dinâmica”.



## 1) Observando os tanques

- a. Ande pela sala e observe os diversos tanques. Cada um possui um material com índice de refração distinto. Neles, há um objeto (haste) mergulhada. Metade desta haste está em um meio de refração com índice = 1 (ar) e a outra metade, dentro do tanque com seu respectivo índice. Para observar a mudança de velocidade de um meio para outro (ar para o do tanque), posicione-se na lateral de cada tanque. Quando maior o índice de refração do material do tanque, maior o desvio da luz.



Desvio da luz em meio com índice de refração = 2.42

- b. Observe também que um dos tanques possui um material com índice de refração = 1 (igual ao do ar). Nesse tanque, a luz não sofre desvio, ou seja, não ocorre o fenômeno da refração.

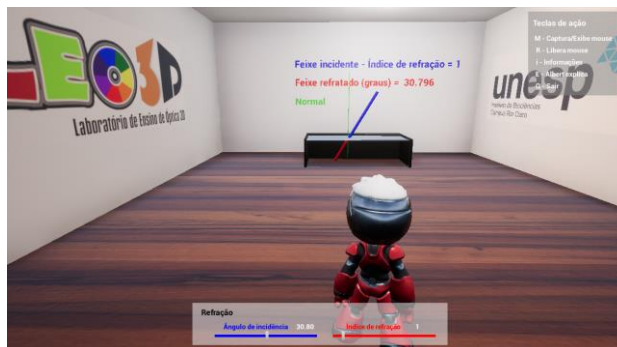


Índice de refração igual ao do ar, momento em que não ocorre refração.

## 2) Sala de refração dinâmica

- a. Como pode ser observado na sala anterior, quando a luz passa de um meio para outro com índice de refração distinto, ela sofre um desvio. Vamos ver como se comporta o feixe de luz alterando os índices de refração. O feixe azul representa a luz que incidente e o feixe vermelho, a luz refratada. Uma reta na cor verde representa a reta normal.
- i. Inicialmente, altere apenas o ângulo de incidência do feixe, utilizando-se para isso o controle deslizante azul localizado no *submenu* inferior.

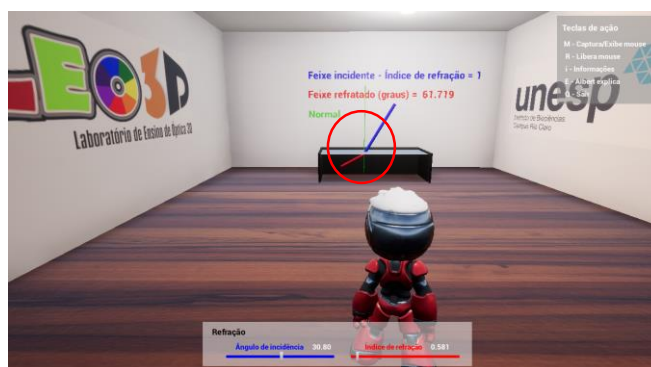




- ii. Observe que o feixe refratado não sofreu desvio em relação ao feixe incidente, pois o índice do 2º meio (tanque) é o mesmo do ar (igual a 1).
- iii. Aumente agora o índice de refração e observe o comportamento do feixe refratado (vermelho). À medida que o índice de refração aumenta, o feixe refratado tende-se a aproximar da reta normal. Quando maior for o índice, maior a refração.



- iv. Diminua o índice de refração ao ponto que ele se torne menor do que o ar ( $< 1$ ). Observe que neste momento, o raio refratado irá se afastar da normal.



### Explicação

Como foi explicado, o fenômeno de refração ocorre quando a luz passa de um meio para o outro, aumentando ou diminuindo sua velocidade de propagação. Quando o segundo meio possui um índice maior do que o primeiro, a luz aproxima-se da normal. Quando o segundo meio possui um índice menor, ela se afasta da normal.

### Pense sobre o assunto

- A luz do sol sofre refração ao entrar na atmosfera terrestre?



## APÊNDICE XXVI: EGAMEFLOW

Prezado aluno(a),

Esta é uma pesquisa realizada pelo acadêmico André Luigi Amaral Di Salvo, aluno de doutorado do programa de pós-graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na linha de pesquisa Desenvolvimento Humano e Tecnologias, que visa avaliar a eficiência do uso de ferramentas 3D no ensino.

Sua colaboração é de suma importância e os dados aqui coletados serão publicados apenas em meios acadêmicos. Apesar da sua identificação, todos os dados serão mantidos em sigilo e a pontuação aqui obtida não será utilizada como instrumento avaliativo da disciplina.

Abaixo serão apresentadas questões relacionadas à ferramenta educacional utilizada durante as aulas. Você deverá atribuir uma nota de 1 a 7, conforme a escala abaixo:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo em parte
- 3 – Não discordo e nem concordo
- 4 – Concordo em parte
- 5 – Concordo totalmente

Nome: \_\_\_\_\_

<b>ÁREA 1: CONCENTRAÇÃO</b>	
LABORATÓRIOS DIDÁTICOS E FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
1. A maioria das atividades presentes no Leo3D se relacionam com o ensino?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
2. Você se distraiu durante os momentos que utilizei o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
3. De modo geral, você ficou concentrado durante a utilização do Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
4. Você estava sobrecarregado com outras tarefas nos dias que utilizou o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
5. Você aproveitou o Leo3D sem ficar entediado(a) ou ansioso(a)?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
6. O Leo3D apresentou uma dificuldade adequada?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 2: OBJETIVOS</b>	
FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
7. Os objetivos das fases foram apresentadas no início?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
8. Os objetivos foram apresentados de forma clara?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
9. A cada nova fase, os objetivos intermediários foram apresentados?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
10. Os objetivos intermediários foram apresentados de forma clara?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 3: FEEDBACK (RETORNO)</b>	
FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
11. Você conseguiu acompanhar sua progressão no Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
12. O jogo apresentou retorno imediato de suas ações?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
13. Você foi notificado de novas tarefas imediatamente?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
14. Você notificado de novos eventos imediatamente?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
15. Você recebeu informações sobre o sucesso ou falha durante as fases?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 4: DESAFIOS</b>	
FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
16. O Leo3D forneceu dicas que ajudaram a superar os desafios?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
17. O Leo3D forneceu vídeos ou áudios que ajudaram a superar os desafios?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
18. A dificuldade do Leo3D aumentou de acordo com as fases?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
19. O Leo3D apresentou novos desafios de forma apropriada?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
20. O Leo3D apresentou diferentes níveis de desafios para jogadores diferentes?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 5: AUTONOMIA</b>	
FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
21. Você tinha a sensação de controle sobre o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
22. Você sabia o próximo passo do jogo?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
23. Você achou o Leo3D é fácil de ser utilizado?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 6: IMERSÃO</b>	
LABORATÓRIOS DIDÁTICOS E FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
24. Você percebeu o tempo passar enquanto utilizava o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
25. Você esqueceu das coisas ao seu redor enquanto utilizava o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
26. Você esqueceu dos seus problemas enquanto utilizava o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
27. Você se envolveu com o Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

<b>ÁREA 7: INTERAÇÃO SOCIAL</b>	
LABORATÓRIOS DIDÁTICOS E FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
28. Você percebeu a colaboração de outros colegas durante o uso do Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
29. Você ajudou outros colegas na utilização do Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
30. A colaboração ajudou no aprendizado?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

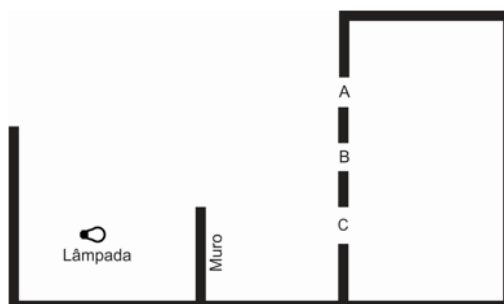
<b>ÁREA 8: MELHORIA NO APRENDIZADO</b>	
LABORATÓRIOS DIDÁTICOS E FASES JOGÁVEIS	
Item	Resposta (marque um X)
31. O Leo3D melhorou seus conhecimentos sobre óptica geométrica?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
32. Você entendeu os conteúdos básicos abordados no Leo3D?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
33. Você tentou aplicar os conhecimentos adquiridos nos laboratórios didáticos durante as fases jogáveis?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
34. Você quer aprofundar seus conhecimentos em óptica geométrica?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
35. Você acha que o Leo3D contribui para uma melhor compreensão dos conteúdos de óptica geométrica?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]
36. Você acha que o Leo3D deve ser utilizado em sala de aula?	[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]

## APÊNDICE XXVII: INSTRUMENTO AVALIATIVO – TESTE PILOTO

### QUESTIONÁRIO SOBRE ÓTICA GEOMÉTRICA

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Observe a figura abaixo. Ela mostra um muro colocado entre uma pequena lâmpada e uma sala com três janelas na parede da esquerda (A, B e C). Todas as paredes são pretas.



1) Qual(ais) da(s) janela(s) é(são) iluminada(s) pela lâmpada?

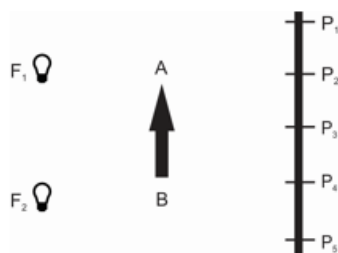
- a. Apenas a janela A
- b. Apenas a janela B
- c. Apenas a janela C
- d. As janelas A e B
- e. As janelas A, B e C

2) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?



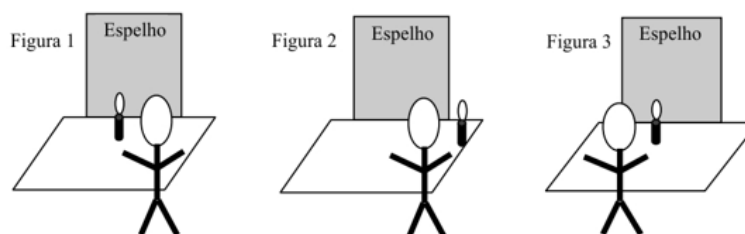
- a. Somente A.
- b. Somente B.
- c. Somente A e B.
- d. A, B e C.
- e. Nenhuma delas.

3) Duas pequenas fontes, F1 e F2, estão situadas em frente a um objeto opaco AB, como mostra a figura abaixo. Considerando os pontos assinalados na parede, qual (ais) deles está(ão) recebendo luz das duas fontes?



- Todos.
- Apenas  $P_3$ .
- $P_2, P_3,$  e  $P_4$ .
- $P_2$  e  $P_4$ .
- $P_1$  e  $P_5$ .

As questões de 4 a 7 referem-se às figuras abaixo nas quais uma vela é posicionada sobre uma mesa em frente a um espelho plano.



4) A altura da imagem da vela é:

- Maior do que a vela
- Menor do que a vela
- Do mesmo tamanho da vela
- Não há imagem da vela
- Não há informações suficientes

5) Na Figura 2, a vela é deslocada para uma nova posição. A imagem da vela vista pelo observador agora é:

- À esquerda do que era antes
- Para a direita do local onde estava antes
- No mesmo local de antes
- O observador não visualiza a imagem
- Não há informações suficientes

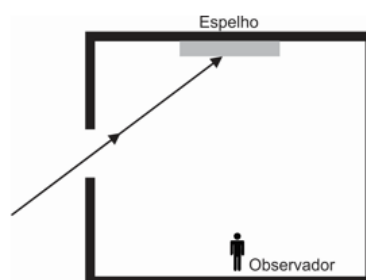
6) Na Figura 3, a vela retorna a sua posição original e o observador se move para a esquerda. Em comparação à Figura 1, a localização da imagem da vela é agora:

- Para a esquerda de onde estava na Figura 1
- Para a direita de onde estava na Figura 1
- No mesmo local da Figura 1
- Não há imagem da vela
- Não há informações suficientes

7) Suponha que a distância da vela em relação ao espelho seja dobrada. A altura da imagem refletida da vela agora é:

- Menor do que antes
- Do mesmo tamanho que antes
- Maior do que antes
- Não há imagem da vela
- Não há informações suficientes

8) A figura abaixo mostra uma sala completamente escura, sem pó, sem fumaça e de paredes totalmente negras. Através de uma abertura, faz-se incidir um fecho retilíneo de luz obliquamente em direção ao espelho. Uma pessoa, colocada na parede oposta ao espelho, como mostra a figura, poderá ver o espelho e a luz nele refletida?

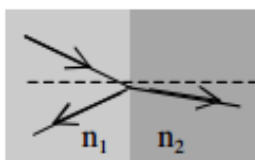


- Não ela não poderá ver o espelho e nem a luz nele refletida.
- Poderá ver a luz, mas não poderá ver o espelho.
- Poderá ver o espelho, mas não a luz.
- Sim, poderá ver tanto a luz quanto o espelho.
- Nenhuma das respostas anteriores

As questões 9-11 referem-se a um feixe de luz muito estreito (por exemplo, um feixe de laser) que pode ser representado por um único raio. A luz inicialmente viaja da esquerda para a direita em um meio transparente de índice de refração  $n_1$ . Em seguida, ela incide sobre um segundo meio transparente de índice de refração  $n_2$ . Os raios refratados e refletidos são mostrados nas figuras abaixo (se ausente, significa que não há raio refratado nem refletido). Com base no enunciado e nas figuras, responda as questões com as opções A a F listadas abaixo:

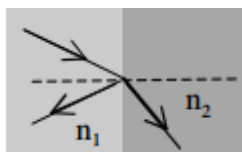
- Apenas se  $n_2 > n_1$
- Apenas se  $n_2 = n_1$ ,
- Apenas se  $n_2 < n_1$ ,
- Pode ocorrer com A ou C.
- Nunca possível.
- Sempre possível independente dos índices relativos de refração

9) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



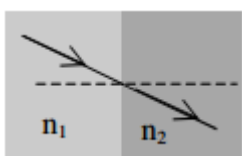
- A. ( )    B. ( )    C. ( )    D. ( )    E. ( )    F. ( )

10) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



A. ( ) B. ( ) C. ( ) D. ( ) E. ( ) F. ( )

11) Qual(ais) condição(ões) de A a F para que os raios tenham o comportamento da figura abaixo:



A. ( ) B. ( ) C. ( ) D. ( ) E. ( ) F. ( )

12) Com base na ilustração abaixo, descreva com as suas palavras como o observador consegue enxergar o objeto e desenhe a trajetória dos raios (utilizando setas).




---



---



---



---

## APÊNDICE XXVIII: EGAMEFLOW – TESTE PILOTO

**ANÁLISE DA FERRAMENTA** - Responda as perguntas de acordo com a escala abaixo.

- 1 - Não concordo totalmente
- 2 - Não concordo parcialmente
- 3 - Indiferente
- 4 - Concordo parcialmente
- 5 - Concordo totalmente

Item	Marque um X				
	1	2	3	4	5
Os conteúdos abordados no Leo3D se relacionam com os conteúdos vistos em sala de aula?					
Você ficou concentrado ao utilizar o Leo3D?					
O Leo3D é fácil de ser utilizado?					
Os conteúdos foram abordados de forma clara?					
O uso do Leo3D melhorou seus conhecimentos sobre óptica?					
O Leo3D pode contribuir para uma melhor compreensão dos conteúdos de óptica?					
Na sua opinião, o Leo3D deve ser utilizado junto as aulas de física?					
Não percebi o tempo passar enquanto usava o Leo3D					
Esqueci dos meus problemas enquanto usava o Leo3D					
Me envolvi com o Leo3D					
O jogo integra os conhecimentos abordados durante a partida					