

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO  
LEANDRO ROSNIAK TIBOLA

**FATORES ENSEJADORES DE ENGAJAMENTO  
EM AMBIENTES DE MUNDOS VIRTUAIS**

Porto Alegre  
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

LEANDRO ROSNIAK TIBOLA

**FATORES ENSEJADORES DE ENGAJAMENTO  
EM AMBIENTES DE MUNDOS VIRTUAIS**

Tese apresentada como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Doutor em Informática na  
Educação.

Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco  
Orientadora

Porto Alegre  
2018

## CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Tibola, Leandro Rosniak

FATORES ENSEJADORES DE ENGAJAMENTO EM AMBIENTES  
DE MUNDOS VIRTUAIS / Leandro Rosniak Tibola. -- 2018.  
235 f.

Orientadora: Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares  
em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-  
Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-  
RS, 2018.

1. Laboratórios Educacionais. 2. Mundos Virtuais  
3D. 3. Engajamento. 4. Gamificação. 5. Estado de  
Flow. I. Tarouco, Liane Margarida Rockenbach,  
orient. II. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

## ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO LEANDRO ROSNIAK TIBOLA

Às quatorze horas do dia treze de setembro de dois mil e dezoito, na sala 329 do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Eliseo Berni Reategui, Carlos Eduardo Pereira e Romero Tori para a análise da defesa de Tese de Doutorado intitulada “Fatores Ensejadores de Engajamento em Ambientes de Mundos Virtuais”, do doutorando do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Leandro Rosniak Tibola, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Liane Margarida Rockenbach Tarouco. A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

- Considera a Tese aprovada  
( ) sem alterações;  
( ) sem alterações, com voto de louvor;  
(x) e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

[ ] Considera a Tese reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

A banca considera o tema da tese atual e trouxe contribuições relevantes na área de Informática na Educação. Sugere, no embargo, que as observações trazidas durante a defesa sejam analisadas junto com a orientadora para implementar as alterações que considerarem devidas.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Liane M. Rockenbach Tarouco  
Orientadora

Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui  
PPGIE/UFRGS

(videoconferência)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira  
PPGEE-UFRGS

Prof. Dr. Romero Tori  
PCS-Poli-USP

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para minha esposa,  
companheira e parceira de todas as horas:  
Angela Cristina este trabalho também é teu!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que em sua infinita bondade, sabedoria e proteção, sempre me deu saúde, capacidade de estudo e trabalho, e sempre me protegeu em todas as viagens entre Frederico Westphalen e Porto Alegre.

Agradeço à direção, aos professores e equipe técnico-administrativa do PPGIE, pelo acolhimento e por terem sido minha segunda família por vários anos.

Gostaria de agradecer aos colegas de doutorado do PPGIE pelo companheirismo, amizade, pelos almoços no “Le RU” e pelas alegrias compartilhadas. Sucesso a todos!

Também, agradeço à Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Frederico Westphalen pela oportunidade de realizar minha pesquisa.

Um agradecimento especial para minha orientadora Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco, por me aceitar em seu grupo de pesquisa, pelos ensinamentos e pela sabedoria compartilhados, pelo seu exemplo de profissional determinada, inquieta, atuante e atualizada. Obrigado pela confiança em minha capacidade para superar todas as situações adversas.

Um grande e intenso “muito, mas muito, agradecido” deve ser feito para minha esposa Angela! Companheira, guerreira, valente! Que nos momentos certos soube motivar e apoiar, quando necessário foi paciente e compreensiva, mas quando devia cobrou e argumentou. Agradeço teu amor e teu companheirismo!

## EPÍGRAFE

*“É muito melhor,  
arriscar coisas grandiosas,  
alcançar triunfos e glórias,  
mesmo expondo-se a derrota,  
do que formar fila com os pobres de espírito,  
que nem gozam muito, nem sofrem muito,  
porque vivem nessa penumbra cinzenta,  
que não conhece vitória, nem derrota.”*

*(Theodore Roosevelt)*

## RESUMO

Os alunos deste milênio possuem familiaridade com as Tecnologias de Informação e Comunicação, usam dispositivos conectados às redes WiFi, acessam com frequência a Internet e as redes sociais e são usuários intensivos de jogos digitais e de vídeo games. Para estes alunos, a utilização de recursos e ambientes digitais é uma atividade natural em seu dia-a-dia. É de se esperar que a educação possa aproveitar a condição do domínio tecnológico dos alunos; para proporcionar situações nas quais eles utilizem dispositivos e ambientes digitais que se assemelham com os que eles acessam diariamente, e projetá-los de tal maneira que possam promover um melhor desempenho acadêmico do aluno. Dentre as TICs, uma ferramenta que pode ser utilizada nas escolas com objetivos educacionais são os mundos virtuais 3D. Os mundos virtuais 3D apresentam algumas características que merecem ser investigadas objetivando serem utilizadas na educação, tais como: imersão (sensação de presença), realismo e interação com o mundo virtual. Desta forma, os ambientes construídos nos mundos virtuais podem levar o aluno ao aumento de sua concentração e satisfação, o que, juntamente com outras características presentes, podem criar condições para o aluno alcançar o estado de *Flow*. Entendendo que a partir destas situações há um potencial educacional a ser explorado, este trabalho tem como objetivo investigar estratégias de design e suporte teórico, que forneça subsídio para a construção de laboratórios educacionais dentro dos mundos virtuais, e estes sejam; capazes de levar o aluno ao engajamento nas atividades propostas e consequentemente criar condições para que ele atinja o estado de *Flow*. Almeja-se mostrar com este trabalho que características como imersão, realismo e interação, presentes nos mundos virtuais, aliadas à construção de um ambiente com laboratórios educacionais engajadores e motivadores, e que permitam o registro das ações dos alunos em suas experiências, oportunizem identificar se as condições de entrada no estado de *Flow* se aplicam ao aluno. Assim, se buscará diferenciar os elementos que oportunizam estas condições e orientações para a criação de laboratórios educacionais em mundos virtuais; de modo que as atividades propostas nestes laboratórios possibilitem levar o aluno ao estado de *Flow*, uma vez que pesquisas têm indicado que o estado de *Flow* propicia melhor desempenho acadêmico.

Palavras-chave: Laboratórios Educacionais. Mundos Virtuais 3D. Engajamento. Gamificação. Estado de *Flow*.



## ABSTRACT

The Millennial generation has familiarity with Information and Communications Technology (ICT), they use devices connected to Wi-Fi networks, frequently access Internet and social networks, and are intensive users of computer games and video games. To these students, the utilization of digital resources and environments is a natural action in day-by-day. It is expected that education explore the student's technological domain to create situations in which students handle the digital resources and environments in school of similar way with those they manipulate daily. More, it awaited those educational designers projecting the digital resources and environments to promote better academic performance of students. Among the ICT, one tool that can be used in schools to achieve educational targets are 3D Virtual Worlds (VW). They present features that deserve to be investigated to application in the education, such as: immersion sensation, realism, and interaction with the virtual world. The environments created inside 3D Virtual Worlds could can lead the student to increase their concentration and satisfaction, which, jointly with others features existent in VW, could create conditions to student achieve the Flow state. Understanding that, from these situations exists one educational potential to be explored, this doctoral thesis proposal have as objective investigate the design strategies and the theoretical support, providing subsidies for the construction of educational laboratories inside 3D Virtual Worlds, which are capable of carry the pupil to engagement in the proposed activities and consequently generate conditions to he/she achieve the Flow state. This proposal aims show that features like realism, immersion sensation, and interaction, existent in 3D Virtual Worlds, allied with the construction of engaging and motivating educational laboratories, allow the record of student's actions in the lab experiences, enabling identify which are the conditions on that student achieve Flow state. This proposal searching differentiate the elements that guide to creation of the educational laboratories in 3D Virtual Worlds, so that the proposed activities in this laboratories enable to carry the student to Flow state, since others research had shown that the Flow state provides better academic performance.

Keywords: Educational Labs. 3D Virtual World. Engagement. Gamification. Flow State.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABJD	Aprendizado Baseado em Jogos Digitais
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
AE	Aprendizagem Experiencial
AIML	<i>Artificial Intelligence Markup Language</i>
AVMU	Ambientes Virtuais Multiusuário
BYOD	<i>Bring Your Own Device</i> (Traga Teu Próprio Dispositivo)
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética na Pesquisa
CETIC.BR	Centro Regional de Estudos do Desenvolvimento da Sociedade da Informação
CINTED	Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação
DCBD	Descoberta de Conhecimento em Base de Dados
DECC	Departamento de Engenharias e Ciência da Computação
DGBL	<i>Digital Game-Based Learning</i>
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
EEB URI	Escola de Educação Básica da URI
EL	<i>Experiential Learning</i>
ELT	<i>Experiential Learning Theory</i>
GMIF	<i>Learner's Growth Model Improved by Flow Theory</i>
HCI	<i>Human Computer Interaction</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i> (Protocolo de Transferência de HiperTexto)
ICT	<i>Information and Communications Technology</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
IF UFRGS	Instituto de Física da UFRGS
IHC	Interação Humano Computador
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LEV	Laboratório Educacional Virtual
LGM	<i>Learner's Growth Model</i>
LSL	<i>Linden Scripting Language</i>
MCA	Modelo de Crescimento do Aluno
MCAMTF	Modelo de Crescimento do Aluno Melhorado pela Teoria de Flow
MDE	Mineração de Dados Educacionais
MMOG	<i>Massively Multiplayer Online Games</i>
MPEF	Mestrado Profissional em Ensino de Física
MUD	<i>Multi-User Dungeon, Dimension or Domain</i>
MUVE	<i>Multi-User Virtual Environments</i>
MV	Mundos Virtuais
MVD3D	Mundo Virtual Digital 3D
NPC	<i>Non Player Character</i>
OSSL	<i>Open Simulator Scripting Language</i>
PBL	<i>Problem Based Learning</i>
PL	<i>Player Loyalty</i>
PPGIE	Programa de Pós Graduação em Informática na Educação
SL	Second Life

SOAS	<i>Sim-on-a-Stick</i>
SR	<i>Self-Regulation</i>
TAE	Teoria da Aprendizagem Experiencial
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
URI	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
URI-FW	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Frederico Westphalen
VW	<i>Virtual Worlds</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modos de visões em ambientes tridimensionais baseados em computador.....	19
Figura 2: Riscos de acidentes em laboratórios .....	33
Figura 3: Classificação dos laboratórios.....	34
Figura 4: Ciclo de Kolb nos contínuos processamento e percepção. ....	37
Figura 5: <i>Framework</i> MDA.....	39
Figura 6: Modelo de três canais do estado de Flow. ....	54
Figura 7: Mundo virtual para educação sobre defeitos na construção civil. ....	69
Figura 8: Mundos virtuais Techland (1), Mathland (2) e Bioland (3).....	71
Figura 9: Projeto SciEthics Interactive: TransGen Island (1) e Rainforest Research (2).....	73
Figura 10: Elementos do EcoMUVE Pond e Forest.....	76
Figura 11: Fases da elaboração desta pesquisa.....	81
Figura 12: Layout do laboratório URITec.....	94
Figura 13: Estrutura do ambiente computacional.....	99
Figura 14: Gravação em múltiplos bancos de dados. ....	100
Figura 15: Bancos de dados centralizados e dos computadores do laboratório. ....	105
Figura 16: Tabela ‘apresentacao’ .....	106
Figura 17: Tabela ‘hotpotatoes’.....	107
Figura 18: Tabela ‘logs_opensim’.....	107
Figura 19: Tabela ‘pontos_tarefas’.....	108
Figura 20: Tabela ‘trajeto’.....	109
Figura 21: Indicadores do Pré-teste.....	112
Figura 22: Tabela de pontuação da <i>Flow State Scale-2</i> .....	114
Figura 23: Cálculo de Flow – alunos, questões e escalas.....	115
Figura 24: Cálculo de Flow – questões por dimensão.....	116
Figura 25: Cálculo de Flow – Geral. ....	116
Figura 26: Médias e desvio padrão das dimensões de Flow para todos os alunos.....	118
Figura 27: Médias e desvio padrão das dimensões de Flow para GA11.....	120
Figura 28: Correlação de Pearson das dimensões de Flow - Todos (n=49), (p<0,05). ....	121
Figura 29: Correlação de Pearson das dimensões de Flow - GA11 (n=11), p<0,05. ....	123
Figura 30: Quantidade de alunos por intervalo das escalas de Flow.....	126
Figura 31: Escalas de Flow para cada aluno. ....	127
Figura 32: Alunos classificados por Flow e número de testes. ....	128
Figura 33: Indicadores do Pós-Teste.....	129

Figura 34: Indicadores do Pós-Teste X Pré-Teste. ....	129
Figura 35: Avaliação LEV – suficiência de informações. ....	130
Figura 36: Avaliação LEV – clareza das informações. ....	131
Figura 37: Avaliação LEV – suficiência de <i>feedback</i> . ....	131
Figura 38: Avaliação LEV –suficiência de informações nos experimentos.....	132
Figura 39: Avaliação do LEV – facilidade de operação dos experimentos.....	132
Figura 40: Avaliação do LEV – se os objetos iniciavam corretamente.....	133
Figura 41: Avaliação LEV – se os objetos encerravam a execução corretamente. ....	134
Figura 42: Avaliação LEV – avaliação geral.....	135
Figura 43: Avaliação LEV – satisfação ao usar. ....	135
Figura 44: Avaliação LEV – diversão ao usar.....	136
Figura 45: Movimentação do aluno68 no Laboratório Educacional Virtual.....	140
Figura 46: Interface usada nos testes. ....	141
Figura 47: Resultado do preenchimento do teste. ....	142
Figura 48: Consulta testes preenchidos por um aluno. ....	143
Figura 49: Relação dos testes preenchidos pelos alunos. ....	144
Figura 50: Atividades do aluno68 no Laboratório Educacional Virtual. ....	147
Figura 51: Consulta dos indicadores de movimentação, atividades e testes dos alunos. ....	148
Figura 52: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho nos Testes.....	150
Figura 53: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de Testes. ....	150
Figura 54: Agrupamento Escala de Flow X Pré-Teste. ....	151
Figura 55: Agrupamento Escala de Flow X Pós-Teste. ....	152
Figura 56: Agrupamento Escala de Flow X Pontuação das Atividades.....	152
Figura 57: Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós Teste .....	153
Figura 58: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho Testes X Pós-Teste X Pontos.....	154
Figura 59: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho X Quant.de testes X Pós-Teste ...	154
Figura 60: Agrupamento Escala de Flow X Tempo de permanência nas atividades .....	155
Figura 61: Agrupamento Escala de Flow X Tempo de permanência nos sensores.....	156
Figura 62: Agrupamento Escala de Flow X Atividades Realizadas.....	156
Figura 63: Agrupamento Escala de Flow X Atividades Não Realizadas .....	157
Figura 64: Dimensões de Flow e suas escalas – GA11. ....	158
Figura 65: Dimensões de Flow e suas escalas – POS8. ....	158
Figura 66: Indicadores do Pós-Teste X Pré-Teste – Geral X GA11 X POS8. ....	163

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Condições, componentes e consequências da experiência de Flow. ....	42
Quadro 2: Propriedades e definições na relação entre Gamificação e Teoria do Flow.....	60
Quadro 3: Propriedades da Gamificação para atingir as características do Flow. ....	63
Quadro 4: Recursos presentes nos projetos Techland, SciEthics, EcoMUVE e LEV. ....	79
Quadro 5: Ambiente computacional – recursos e características. ....	101
Quadro 6: Sequência de atividades realizadas nas sessões do experimento.....	104
Quadro 7: Avaliação e sugestões do ambiente LEV. ....	137
Quadro 8: Agrupamento das atividades por similaridade no LEV.....	144
Quadro 9: Pontuação para as atividades no LEV. ....	145
Quadro 10: Classificação das dimensões de Flow pela escala média – Todos-GA11-POS8.	158

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1 Motivação .....	21
1.2 Problema de Pesquisa.....	22
1.3 Objetivo Geral .....	23
1.3.1 Objetivos Específicos .....	23
1.4 Métodos e Práticas.....	24
1.5 Estudo de Caso.....	25
1.6 Estrutura do Texto .....	25
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>27</b>
2.1 Mundos Virtuais .....	27
2.1.1 Funcionalidade e potencialidades dos mundos virtuais.....	30
2.2 Laboratórios Educacionais Virtuais .....	32
2.3 Aprendizagem Experiencial.....	35
2.4 Gamificação.....	37
2.5 Teoria de Flow .....	40
2.5.1 Criação e vivência do estado de Flow .....	41
2.5.2 As dimensões do Flow.....	44
2.5.3 A dinâmica do estado de Flow .....	54
2.5.4 Estudos e aplicações de Flow .....	55
2.6 Flow e Gamificação .....	59
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>66</b>
3.1 Techland .....	69
3.2 SciEthics Interactive.....	72
3.3 EcoMUVE .....	75
3.4 Avaliação dos Recursos Presentes nos Ambientes Estudados.....	77
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>80</b>
4.1 Fases e procedimentos.....	81
<b>5 ESPECIFICAÇÃO DA PESQUISA</b> .....	<b>89</b>
5.1 Validação funcional do Laboratório Educacional.....	89
5.2 Formalização e estruturação da pesquisa .....	90
5.3 Ambiente computacional do experimento.....	94
5.3.1 Servidor OpenSim portátil .....	97
5.3.2 Recursos computacionais locais .....	98
5.3.3 Recursos computacionais remotos.....	99

5.3.4 Configuração do laboratório físico .....	100
<b>5.4 Coleta dos dados .....</b>	<b>101</b>
5.4.1 Questionários .....	101
5.4.2 Registro digital .....	105
<b>6 ANÁLISES E RESULTADOS .....</b>	<b>110</b>
<b>6.1 Análises dos Questionários .....</b>	<b>110</b>
6.1.1 Perfil do aluno .....	110
6.1.2 Pré-Teste .....	111
6.1.3 Questionário de Flow .....	112
6.1.3.1 Análise das escalas das dimensões de Flow .....	118
6.1.3.2 Análise das escalas de Flow dos alunos .....	126
6.1.4 Pós-Teste .....	128
6.1.5 Avaliação do Laboratório Educacional Virtual .....	130
<b>6.2 Análise do Registro Digital .....</b>	<b>139</b>
6.2.1 Registro da movimentação do avatar .....	139
6.2.2 Desempenho nos testes .....	141
6.2.3 Registro das atividades do avatar .....	144
<b>6.3 Agrupamentos dos indicadores (clusters) .....</b>	<b>149</b>
6.3.1 Escala de Flow X Desempenho nos testes .....	149
6.3.2 Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de testes .....	150
6.3.3 Escala de Flow X Pré-Teste .....	151
6.3.4 Escala de Flow X Pós-Teste .....	151
6.3.5 Escala de Flow X Pontuação das Atividades .....	152
6.3.6 Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós Teste .....	153
6.3.7 Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós-Teste X Pontos .....	153
6.3.8 Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de testes X Pós-Teste .....	154
6.3.9 Escala de Flow X Tempo de permanência nas atividades .....	155
6.3.10 Escala de Flow X Tempo de permanência nos sensores .....	155
6.3.11 Escala de Flow X Atividades Realizadas .....	156
6.3.12 Escala de Flow X Atividades Não Realizadas .....	156
<b>6.4 Análises qualitativas .....</b>	<b>157</b>
6.5.1 Movimentação e realização de atividades pelos alunos no ambiente virtual .....	160
<b>6.5 Análises gerais .....</b>	<b>162</b>
<b>7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>164</b>



<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>175</b>
<b>8.1 Limitações da Pesquisa .....</b>	<b>179</b>
<b>8.2 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>180</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>182</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>207</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo em constantes transformações sociais, econômicas e culturais. Algumas destas transformações são profundas e acontecem com grande velocidade, como é o caso das mudanças tecnológicas. As mudanças tecnológicas repercutem em especial nos indivíduos nascidos nas últimas décadas, os quais possuem características próprias e fazem uso intensivo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no seu dia a dia. O uso de *smartphones*, *tablets* e *notebooks* para comunicação pessoal e social, para busca de informações e para a diversão são triviais entre os jovens desta geração. Ainda, a manipulação destes dispositivos transcende os espaços físicos e os acompanha por todos os lugares: em casa, no trabalho, nos eventos sociais, com os amigos e na escola.

Segundo a pesquisa TIC Domicílios 2015 (CETIC.BR, 2016a), 86% dos indivíduos destas novas gerações são portadores de celular e o utilizam para acessar a Internet. Já a pesquisas TIC Educação 2015 (CETIC.BR, 2016b) aponta que o celular foi o principal equipamento utilizado para acessar a Internet, para 73% dos alunos e para 85% dos professores nas escolas públicas. Outra prática realizada pelas novas gerações é a prática de jogos digitais, tanto nos computadores, *notebooks*, *tablets* e *smartphone*.

Por sua vez, os professores buscam ficar alinhados com estes comportamentos e interesses. CETIC.BR (2016b) identifica que 56% dos professores trabalharam com jogos educativos com seus alunos. Ainda, no uso da Internet para a realização de atividades escolares pelo aluno, 61% envolveu o uso de jogos educativos.

No entanto, cabe apontar que os jogos, apesar de serem uma ferramenta bastante familiar aos alunos, são oportunidades ainda pouco exploradas na educação, apesar de proporcionarem vantagens tais como o *feedback* das atividades em tempo real, a possibilidade de vivenciar diferentes papéis e as experiências em um ambiente controlado conforme relatado por (KLOPFER; OSTERWEIL e SALEN, 2009) e (NMC e FIRJAN, 2012).

Os indicativos destacados pelas pesquisas TIC Domicílios 2015 (CETIC.BR, 2016a) e TIC Educação 2015 (CETIC.BR, 2016b) permitem constatar que, de maneira geral e ampla, as escolas públicas brasileiras possuem condições de utilizar os recursos tecnológicos educacionais propostos nesta tese. O produto resultante desta tese requer um computador de mesa (com teclado, mouse e monitor tradicionais), com conexão com a Internet para a execução no modo cliente-servidor e; na ausência de acesso a Internet, execução no modo

local, porém, com a redução de alguns recursos computacionais, mas sem prejuízo geral para seu uso. Ainda, os indicativos das pesquisas TIC Domicílios 2015 e TIC Educação 2015 também confirmam os hábitos e interesses dos alunos, refletindo a realidade social atual e o alinhamento desta tese com o interesse dos alunos por ambientes virtuais e jogos eletrônicos.

A tecnologia do ambiente tridimensional ou 3D permite atender as várias demandas presentes no ambiente escolar, pode se apoiar em teorias educacionais sólidas e usar técnicas lúdicas modernas. Os ambientes tridimensionais apresentam uma plataforma que pode utilizar os recurso das Tecnologias e Informação e Comunicação para estimular o engajamento dos estudantes através da imersão, realismo e interação. Dentre os ambientes tridimensionais que podem fornecer apoio à aprendizagem através de laboratórios educacionais estão presentes os mundos virtuais. Os mundos virtuais são mundos em 3D baseado em computador, o qual se pode explorar sozinho ou com outras pessoas. Esta exploração pode ser realizada na visão em primeira pessoa, como se fosse o próprio usuário, ou na visão em terceira pessoa, representada por um personagem gerado pelo computador, chamado avatar (NELSON e ERLANDSON, 2012). Os avatares representam o usuário, dando-lhes um corpo digital dentro dos mundos virtuais (SANTAELLA, 2003). A Figura 1A apresenta a visão em primeira pessoa, comum nos jogos de computador, enquanto a Figura 1B apresenta a visão em terceira pessoa, usual nos mundos virtuais.

Figura 1: Modos de visões em ambientes tridimensionais baseados em computador.



Fonte: (A) Freeshooters (2012) e (B) autoria própria.

Os mundos virtuais apresentam características que podem colaborar para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, especialmente quando envolve a relação teórico-prática executada nos laboratórios educacionais. Estas características são: (A) **imersão** (o aluno é “tele transportado” para o mundo virtual, possui um corpo virtual, pode explorar o ambiente, se comunicar com outros indivíduos e manipular os objetos 3D disponíveis ou criá-los a partir de sua imaginação); (B) **realismo** (os objetos criados no mundo virtual possuem uma aparência muito próxima do seu equivalente do mundo físico e podem se comportar como

tal); e (C) **interação** (esta característica pode proporcionar uma forte ligação do aluno com os objetos, buscando a realização das atividades propostas no ambiente educacional e que possivelmente será o ingrediente basilar para promover a motivação e o engajamento).

No enfoque educacional, a utilização da aprendizagem experiencial (KOLB, 1984) como abordagem fundamentadora para a construção de um laboratório educacional no mundo virtual apresenta-se adequada, uma vez que a aprendizagem experiencial sustenta que o aluno (1) aprenda os conceitos envolvidos, vivenciando concretamente a experiência; (2) observe e reflita sobre a experiência; (3) compreenda as variáveis, o processo e o resultado da experiência; (4) e possa estender estes resultados através de experimentação ativa de novas possibilidades. Assim, a arquitetura de laboratórios educacionais nos mundos virtuais, contemplando o Ciclo de Kolb (KOLB, 1984), demonstra coerência com o processo de ensino e aprendizagem, podendo utilizar os mais variados recursos de imersão, realismo e interação dos mundos virtuais.

Considerando que a plataforma de mundos virtuais permite a criação de laboratórios educacionais imersivos, realistas e interativos para a realização das atividades teórico-práticas; e a mecânica destes laboratórios é fundamentada na abordagem da aprendizagem experiencial; a adição de um elemento lúdico ao ambiente poderá promover a satisfação e o engajamento do aluno na utilização do laboratório educacional. O aspecto lúdico pode ser alcançado com a aplicação de elementos presentes nos jogos, sintonizando com a indicação da TIC Educação 2015, de que tanto alunos quanto professores utilizam os jogos como uma atividade escolar (CETIC.BR, 2016b).

A aplicação de técnicas de gamificação (Zichermann e Cunningham, 2011), é positiva para alcançar os objetivos educacionais, destacando para isso a intimidade dos estudantes com jogos, com ambientes digitais e com sua disponibilidade *on-line*; o que pode permitir uma maior identificação do aluno com o ambiente educacional, uma vez que este se assemelha com os ambientes digitais que o aluno acessa frequente e intensamente.

Uma vez que os laboratórios educacionais utilizem as características de imersão, realismo e interação com o objetivo de despertar a motivação e o engajamento no aluno, as experiências presentes nos laboratórios podem tornar-se tão envolventes que levem o aluno a uma concentração profunda, situação que caracterize o estado de Flow, como descrito por Csikszentmihalyi<sup>1</sup> (1996).

---

<sup>1</sup> Aqui está um truque para lembrar o nome Mihaly Csikszentmihalyi = “**Me high? Cheeks send me high!**” (POSITIVE PSYCHOLOGY PROGRAM, 2018).

Assim, a construção de ambientes que despertem a motivação e incrementem o engajamento, de forma que o aluno possa alcançar o estado de Flow; é importante no sentido de que, quando o aluno atinge o estado de Flow, ele fica completamente absorvido pela atividade que realiza e está em um estado “ótimo”, no qual o equilíbrio entre desafios e habilidades proporciona condições para a conclusão da atividade com sucesso. Assim, se justifica a investigação das condições que levam os alunos a alcançar o estado de Flow e como a permanência neste estado pode ajudar os alunos a desenvolver suas capacidades cognitivas e conseqüentemente atingirem melhores desempenhos nas atividades acadêmicas, profissionais e do seu cotidiano.

### **1.1 Motivação**

Como descrito por Csikszentmihalyi (1990), o estado de Flow requer a presença de motivação intrínseca para a realização da atividade a qual o indivíduo se propôs, sendo que para a conclusão dela, a atenção do indivíduo está totalmente focada na tarefa a ser realizada e ele opera em sua capacidade plena; assim, quando completada, a atividade proporciona grande satisfação a quem a realizou. Os estudos detalhados na seção 2.5.4, indicam que a criação de condições e a conseqüente entrada no estado de Flow pelo aluno podem contribuir para a melhoria do seu desempenho acadêmico, uma vez que os mesmos estarão operando em um nível elevado de suas capacidades cognitivas.

Assim, este estudo propõe a investigação dos laboratórios educacionais em mundos virtuais, os quais apresentem potencial para engajar e motivar o aluno e, mais especificamente, que sua utilização crie condições favoráveis para o aluno entrar em estado de Flow. A motivação para a realização do presente estudo se origina dos seguintes fatores:

- A necessidade de atender à obrigatoriedade legal de atividades práticas em laboratório, como forma do aluno compreender os fundamentos científico-tecnológicos das disciplinas, desenvolver o espírito científico e o pensamento reflexivo, e incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica (BRASIL, 1996);
- O alto custo da instalação dos laboratórios físicos, além dos custos de suprimentos, manutenção, pessoal e outros envolvidos na conservação destes laboratórios;
- A possibilidade de acidentes no manuseio de equipamentos perigosos devido a falta de treinamento prévio;
- A exposição a agentes nocivos e/ou prejudiciais à saúde, tais como produtos químicos, corrosivos e biológicos;

- A indisponibilidade, em larga escala, de laboratórios educacionais básicos e avançados nas escolas públicas brasileiras;
- A indisponibilidade de laboratórios educacionais específicos no ensino superior;
- A limitação do número de experiências das quais o aluno pode participar em um laboratório físico;
- O temor dos alunos (e professores), de que os equipamentos do laboratório físico possam ser danificados durante a sua utilização;
- A falta de laboratórios educacionais virtuais que promovam o engajamento e a motivação do aluno;
- A carência de laboratórios educacionais virtuais para atendam os requisitos e permitam aos alunos entrar no estado de Flow;
- A necessidade de estudos sobre o estabelecimento do estado de Flow e se sua existência pode levar ao aprimoramento das capacidades cognitivas e intelectuais do aluno.

## 1.2 Problema de Pesquisa

Considerando a necessidade de atividades práticas nas disciplinas; o alto custo envolvido na instalação e manutenção de laboratórios educacionais; a indisponibilidade deste tipo de laboratórios nas escolas; que os alunos possuem dispositivos tecnológicos e programas mais atualizados e atrativos que os disponibilizados na maioria das escolas; há carência de identificação dos níveis de engajamento e motivação dos alunos nos programas educativos, bem como programas que levem os alunos ao estado de *Flow*, surge a questão principal desta tese:

**A construção de laboratórios educacionais em mundos virtuais pode apresentar potencial para engajar o aluno a ponto de levá-lo ao estado *Flow* e neste contexto, pode haver melhor desempenho nas atividades acadêmicas?**

O estabelecimento da questão principal aponta para questões específicas a serem respondidas:

- Quais elementos de *design* os laboratório educacionais nos mundos virtuais devem apresentar para tornarem a experiência engajadora?
- Como se estruturam as atividades relacionadas com uma experiência em laboratório educacional nos mundos virtuais, de modo que levem o aluno ao engajamento?

- Quais são os indícios de engajamento na realização de uma experiência em laboratórios educacionais nos mundos virtuais?
- Os indícios de engajamento percebidos são capazes de evidenciar a entrada em estado de *Flow*?
- Como estes indícios podem ser rastreados e armazenados?
- De que forma é possível analisar e correlacionar os dados dos indícios coletados com outras atividades e informações acadêmicas?
- Como identificar se a entrada em estado de *Flow* representa um melhor desempenho na realização das experiências e das atividades relacionadas?

### 1.3 Objetivo Geral

O objetivo principal desta tese é **apresentar os elementos de *design*, tais como imersão, interação e gamificação, e os conceitos teóricos necessários para a criação de laboratórios educacionais nos mundos virtuais, os quais possam despertar no aluno o engajamento e conseqüentemente levá-lo ao estado de *Flow*, identificando se estas condições propiciam uma melhor aprendizagem.**

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

A partir do objetivo principal, derivam os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar quais elementos de *design* tornam os laboratórios educacionais atrativos para os alunos.
2. Reconhecer de que forma a estruturação das atividades previstas para o laboratório educacional nos mundos virtuais oportunizam o engajamento para o aluno e conseqüentemente, o estado de *Flow*.
3. Distinguir quais são os indícios da presença do estado de *Flow* nas experiências de laboratório.
4. Definir como rastrear as ações do aluno nas atividades e experiências em laboratórios educacionais nos mundos virtuais e como armazená-las em banco de dados.
5. Investigar quais as técnicas que podem ser usadas para analisar e correlacionar os dados das ações dos alunos nos laboratórios educacionais nos mundos virtuais, a fim de identificar indícios do estado de *Flow*.

6. Observar se o estado de Flow resulta em um melhor desempenho na realização das atividades do laboratório educacional.

#### 1.4 Métodos e Práticas

Levando em conta que as atividades práticas são: (1) necessárias para melhor compreensão dos conceitos teóricos apresentados nas disciplinas em sala de aula, (2) exigência legal em termos acadêmicos; (3) que os laboratórios físicos apresentarem inúmeras limitações em relação ao seu uso; esta tese apresenta um laboratório educacional na plataforma de mundos virtuais OpenSim (OPENSIM, 2014), de forma à proporcionar experiências práticas no domínio da Física.

As experiências presentes neste laboratório educacional foram baseadas em objetos tridimensionais que permitem um alto grau de interação do aluno, de modo que ele pudesse alterar as variáveis; manipular e visualizar os componentes de diferentes ângulos e rotações; além de manter o registro correspondente às suas ações na experiência. Para isto, os objetos 3D foram importados de repositórios livres ou produzidos na própria plataforma OpenSim, e utilizaram os conceitos de gamificação (*gamification*). Esta estratégia se justifica no sentido de que os alunos estão acostumados com os jogos em computador, *tablet* ou celular (CETIC.BR, 2016b) e se sentiriam familiarizados com um ambiente similar ao dos jogos.

O rastreamento e o registro das ações do usuário na manipulação dos objetos, na realização da experiência e na movimentação pelo mundo virtual foi efetuada através de programação *script* específica (OPENSIM, 2012), que estabeleceu a conexão da plataforma OpenSim com um banco de dados e efetuou a inserção dos dados referentes as ações do aluno, tais como: local onde o aluno se encontra, experimento que está sendo acessado, objeto utilizado na experiência, opção do objeto escolhida para realização da experiência (por exemplo: ligar, desligar e pausar um equipamento), data e hora da chegada no local, data e hora da saída do local, caminho de execução recomendado pelo professor, caminho de execução escolhido pelo aluno, entre outros. Exemplos deste tipo de programação são apresentados em (TIBOLA e TAROUÇO, 2013) e (TIBOLA e TAROUÇO, 2015).

Uma vez que as ações do aluno foram registradas, foi possível examiná-las, a fim de identificar indícios de engajamento, de estado de *Flow* e das condições para que estes ocorram. Para atingir este objetivo foram utiliza das ferramentas para o suporte e análise dos dados, pois o monitoramento das ações dos alunos gerou uma grande quantidade de registros, os quais necessitaram de tratamento para transformar os dados em informações significantes. Para este fim, os dados foram agrupados, pré-processados e classificados utilizando o banco



de dados MySQL e a linguagem de programa PHP (os quais são descritos em mais detalhes na seção 5.2.2) e então *clusterizados*, associados e seus resultados visualizados. Ainda, estas ferramentas possuem grande quantidade de sites com informações e suporte.

### 1.5 Estudo de Caso

Esta tese visa identificar os elementos de design que sejam capazes de ensejar maior engajamento do aluno, e com base neles construir um laboratório educacional em um mundo virtual; detectando indícios de engajamento e estado de *Flow* a partir dos dados analisados, relacionando estes dados com outras informações acadêmicas para identificar melhoria de desempenho na aprendizagem do aluno. Desta forma, foi realizado um estudo de caso que aborda a construção de um laboratório educacional no mundo virtual OpenSim, disponibilizando experiências práticas no domínio da Física, especificamente a área de Eletrostática, para os seguintes conteúdos: Introdução a Eletricidade, Carga Elétrica, Condutores e Isolantes, Eletrização de corpos e Experimentos com eletrização.

O ponto central deste estudo de caso é a construção de um ambiente tridimensional, que, utilizando recursos de imersão, realismo, interação e gamificação, possibilite o engajamento do aluno e, em conjunto com a estruturação das atividades acadêmicas, permita ao aluno alcançar no estado de *Flow*. As interações e movimentações do aluno são registradas em um banco de dados, o que, em conjunto com os questionários físicos, viabiliza a identificação de melhoria na aprendizagem para as atividades acadêmicas previstas.

Ainda, análises estatísticas e de clusterização são usadas para identificar quais as dimensões de *Flow* estão presentes nos experimentos do laboratório educacional, quais dimensões são percebidas com maiores escalas e se o estado de *Flow* pode resultar em uma melhor aprendizagem.

### 1.6 Estrutura do Texto

Para alcançar os objetivos propostos nesta tese, o presente texto está organizado da seguinte maneira:

- Capítulo 2 - apresenta a construção do referencial teórico, base para esta investigação, trata dos assuntos envolvidos e que balizam o tema de estudo em questão, tais como: os mundos virtuais digitais 3D; os laboratórios educacionais virtuais, a aprendizagem experiencial, a gamificação e o estado de *Flow*.
- Capítulo 3 – descreve os trabalhos relacionados ao tema desta tese, dentre os quais: aplicação da aprendizagem experiencial nos mundos virtuais; relatos da construção de

experimentos e laboratórios nos mundos virtuais, aplicações de gamificação em mundos virtuais e jogos digitais e as proposições do estado de Flow em ambientes digitais.

- Capítulo 4 – relata os procedimentos metodológicos envolvidos neste trabalho de pesquisa, as etapas de pesquisa, os experimentos realizados, a caracterização do universo de participantes dos experimentos e os demais aspectos envolvidos.
- Capítulo 5 – mostra a especificação da pesquisa, detalhando as ações prévias necessárias, a construção do ambiente computacional para execução do experimento e a coleta de dados através dos questionários respondidos pelos alunos e do registro digital das ações realizadas pelo aluno durante o uso do ambiente virtual.
- Capítulo 6 – retrata as análises dos dados coletados nos questionários e os registros armazenados em banco de dados, bem como resultados decorrentes destas análises, aplicando técnicas estatísticas apropriadas para o exame destes dados.
- Capítulo 7: exhibe a discussão dos resultados obtidos, relacionando-os com os objetivos desta pesquisa e com possíveis aplicações junto a professores, alunos e no ambiente escolar.
- Capítulo 8: relata as conclusões obtidas com a realização desta pesquisa, os benefícios para a comunidade escolar e para a sociedade, além de indicar as possibilidades de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que norteia esta investigação e que embasa a tese em questão, discorrendo sobre os mundos virtuais (seus componentes e os principais recursos tecnológicos envolvidos nesta proposta); laboratórios educacionais virtuais (tipos, classificação e aplicação); aprendizagem experiencial (conceituação e principais elementos); gamificação (conceitos e técnicas de *design* de jogos aplicáveis em situações educacionais e em ambientes virtuais) e *Flow* (os conceitos, os elementos e as características do estado de *Flow*).

### 2.1 Mundos Virtuais

Os mundos virtuais são mundos em 3D gerados por computador, que permitem a representação do mundo físico de forma realista (NELSON e ERLANDSON, 2012); atribuindo ao usuário algumas habilidades que não estão presentes na realidade física, tais como voar, se tele transportar, mergulhar sem aparelhos de oxigênio, atravessar paredes e outros objetos, integrar objetos ao corpo virtual, entre outras.

Quando um usuário acessa o mundo virtual, ele é representado naquele ambiente por um avatar. Neste sentido, a própria palavra já traz um significado para esta representação: “avatar”, segundo Schlemmer e Trein (2008, p. 4), é o termo hindu utilizado para descrever uma manifestação corporal de um ser imortal, ou uma manifestação neste mundo de um ser pertencente a um mundo paralelo. A palavra avatar deriva do sânscrito *Avatāra*, que significa “descida”. No contexto tecnológico, o termo se refere a uma representação gráfica de um sujeito em um mundo virtual.

Os avatares são considerados como um cibercorpo inteiramente digital, uma figura gráfica de complexidade variada que empresta sua vida simulada para o transporte de cibercorpos para dentro dos mundos do ciberespaço (SANTAELLA, 2003). A transposição para o mundo virtual, a estrutura em sua volta, a interação com outros avatares e com os objetos presentes no ambiente fornece ao indivíduo uma forte sensação de presença no mundo digital. Assim, a sensação de presença é uma das características mais marcantes dos mundos virtuais, porém, não há um consenso de sua definição entre os pesquisadores e muitas vezes presença é relacionada com imersão.

Aqui, consideramos que a imersão é obtida removendo tantas sensações do mundo real quanto possível, e substituindo-as pelas sensações correspondentes no ambiente virtual. A imersão é, por essência, relacionada à natureza multimodal dos sentidos perceptivos e também aos aspectos interativos de uma experiência de realidade virtual. Deste ponto de vista, a imersão está intuitivamente relacionada à semelhança dos dispositivos de realidade virtual com as características humanas. Estes incluem o tamanho do campo visual humano, os aspectos estereoscópicos da simulação, os aspectos de *surround* do som, ou seja, até que ponto os monitores de computador são extensos, envolventes, inclusivos, vívidos e correspondentes à realidade. O termo imersão significa, portanto, o que a tecnologia fornece de um ponto de vista objetivo. Quanto mais um sistema fornece exibições (em todas as modalidades sensoriais) e rastreamento que preservam a fidelidade em relação a suas modalidades sensoriais equivalentes do mundo real, mais ele é imersivo. Do ponto de vista tecnológico, a imersão tem a intenção de insinuar uma sensação de confiança de que alguém deixou o mundo real e está agora “presente” no ambiente virtual. Assim, enquanto a imersão é um aspecto objetivo “relacionado à tecnologia envolvida nos ambientes virtuais”, a presença é “uma consequência psicológica, perceptual e cognitiva da imersão”. A presença é pensada como a percepção psicológica de “estar em” ou “existir” no ambiente virtual em que se está imerso (MESTRE, 2005).

No mesmo sentido, para Skarredghost (2016), a imersão é a capacidade do sistema de realidade virtual realmente enganar seu usuário ao fazê-lo sentir que está em outro lugar. Trata-se de informações sensoriais que dão a impressão ao usuário de que ele está em outro lugar: informações visuais, áudio, *feedback* tátil e assim por diante. A imersão é algo técnico: considera quão bons são todos os dispositivos de realidade virtual que são empregados. Já a presença é como o usuário está realmente envolvido e se sente dentro do mundo virtual. A presença considera características da experiência de realidade virtual que o usuário está vivendo: se a história for convincente, ele será completamente absorvido por ela; se o mundo oferece interações sociais e outros avatares interagem de forma natural com o usuário, ele parecerá mais real; se a interação com o mundo virtual é fácil e natural, é ótimo para o usuário, e assim por diante. A presença indica o quanto o usuário se sente envolvido com a experiência da realidade virtual, o quanto ele sente isso como uma verdadeira experiência que ele está vivendo.

Neste trabalho, presença é considerada uma consequência psicológica e do envolvimento do aluno com o mundo virtual, como conceituado por Mattar (2008): “você está situado, vê e ouve coisas daquele ponto de vista e parece estar presente naquele ambiente”.

Os principais habitantes do mundo virtual são os avatares, porém, eles não os únicos. Dois outros componentes dos mundos virtuais são de interesse neste trabalho: (1) os *primitives* ou *prims*, que são as formas geométricas básicas que permitem a construção de objetos maiores e mais complexos (tais como móveis, prédios, etc.) e presentes no ambiente de maneira geral (SECOND LIFE, 2015). Para os ambientes de laboratórios educacionais virtuais eles podem ser vistos como conectores, acionadores, sensores, *slideshow*, televisores para apresentação de vídeos, painéis para acesso à páginas Web, etc.; e (2) os NPC (*non-player characters*), que nos jogos eletrônicos podem ser qualquer personagem do jogo que não é controlado por um dos jogadores; já no caso dos mundos virtuais, Second Life (2015) considera que um NPC ou *bot* (robô) é um avatar controlado por um programa de computador executado pelo servidor de mundos virtuais.

Os mundos virtuais são ambientes dinâmicos, os quais dispõem de capacidade para interação entre avatar e objetos e permitem a comunicação entre ambos. A dinâmica, a interação e a comunicação obtida nos mundos virtuais da plataforma OpenSim são possíveis através da *Linden Scripting Language* ou LSL, linguagem originalmente desenvolvida para ser usada em todos os componentes do Second Life, mas suportada pelo OpenSim. Devido à concepção e as características particulares do OpenSim, houve a necessidade de desenvolver funções que não existiam na LSL original, assim, foram implementadas no OpenSim o conjunto de funções da linguagem *OpenSimulator Scripting Language* ou OSSSL, objetivando principalmente a comunicação HTTP, manipulação de avatares, NPC's, objetos, aplicação de texturas, etc. (OPENSIM, 2012; LINDEN RESEARCH, 2015; LSL, 2015).

O servidor de mundos virtuais escolhido para a implementação desta tese de doutorado foi o Open Simulator, comumente referenciado como OpenSim e assim usado neste texto. Os principais motivos para esta escolha foram: (1) plataforma multiusuário, (2) servidor de ambientes 3D, (3) código fonte aberto, (5) distribuição livre e gratuita, (6) modos de utilização portátil, *standalone* e *grid*, (7) conexão com bancos de dados externos, *webservers* e servidores remotos, (8) personalização de ações e/ou reações dos objetos através das linguagens de programação LSL/OSSSL e C#, (9) distribuições para os sistemas operacionais Windows e Unix-like (Linux, FreeBSD, Solaris, etc.), (10) requisitos de *hardware* e *software* compatíveis com configurações mais básicas, (11) importação de objetos e modelos 3D externos, (12) criação e programação de comportamento para os NPCs, (13) acesso e compatibilidade com recursos multimídia externos, (14) popularidade e farta documentação, (15) frequente utilização em pesquisas científicas, entre outras.

A próxima seção discute as funcionalidades e potencialidades do mundo virtual OpenSim para motivar e engajar o aluno, melhorar sua concentração e eventualmente levá-lo ao estado de Flow.

### 2.1.1 Funcionalidade e potencialidades dos mundos virtuais

Os mundos virtuais são ambientes imersivos, nos quais os indivíduos sentem como se estivessem neles, se movimentam por ambientes com detalhamento gráfico em três dimensões com alto grau de realismo, os quais são comparáveis com os objetos do mundo físico. Este realismo permite ao usuário um nível de interação com estes objetos que possibilita que ele altere suas formas, dimensões e propriedades como bem desejar. Estas três funcionalidades: imersão, realismo e interação, tornam a utilização dos mundos virtuais uma escolha promissora e adequada para os fins educacionais. Elas serão melhor descritas a seguir.

- **IMERSÃO**

Como descreve Mestre (2005), a imersão é obtida removendo tantas sensações do mundo real quanto possível, e substituindo-as pelas sensações correspondentes ao ambiente virtual. A imersão é, por essência, relacionada à natureza multimodal dos sentidos perceptivos e também aos aspectos interativos de uma experiência de realidade virtual.

A imersão é um recurso aplicado em diversos domínios, tais como em projetos arquitetônicos em 3D os quais usam equipamentos de controles de jogos com *force-feedback*, óculos de realidade virtual e sensores corporais, como descrito por Leone et al. (2013); em um ambiente virtual com recursos de comunicação para reuniões, cursos e grupos de discussão, etc. (TATE, 2011); em um ambiente virtual de aprendizagem imersiva com suporte de um agente pedagógico inteligente (SOLIMAN e GUETL, 2010); em um ambiente imersivo, com potencial para o trabalho cooperativo e a resolução de problemas colaborativa e aprendizagem através da ação, baseado na proposta de Myller et al. (2009) (TAROUCO et al., 2014);

Além disso, os avanços tecnológicos também contribuíram para que a imersão e a sensação de presença sejam cada vez maiores nos mundos virtuais; uma vez que a quantidade de dispositivos para realidade virtual disponíveis no mercado e com interfaces tanto para jogos quanto para os mundos virtuais cresce continuamente. São exemplos destes dispositivos são o Oculus Rift do Facebook (OCULUS, 2016), o Google Cardboard (GOOGLE, 2014) e o *smartphone* Samsung Gear VR (SAMSUNG, 2016).

- **REALISMO**

Com a capacidade computacional atual e a tendência dos dispositivos se tornarem cada vez mais robustos, a representação gráfica do mundo físico nos ambientes digitais apresenta

tamanha semelhança, que, às vezes, é difícil distinguir se a imagem visualizada é de um ser vivo, objeto ou paisagem real ou se é uma representação computacional.

Mesmo dispondo dos recursos computacionais necessários, o realismo extremo não é uma demanda neste trabalho, uma vez que estudos mostram que o excesso de detalhes em uma imagem podem ofuscar a ideia que constitui o foco da aprendizagem: direcionar a atenção do aluno para o conhecimento que está sendo apresentado. Desta forma, o realismo mediano é mais indicado para a aprendizagem, uma vez que este nível de realismo é suficiente para a compreensão do conteúdo que é apresentado (HARP e MAYER, 1997, 1998; MAYER et al., 2001). As decisões quanto à qualidade da resolução das imagens, das minúcias do cenário e do detalhamento do realismo devem considerar quais são os resultados esperados e se eles dependem do nível de detalhamento. Em certas simulações do mundo real, como por exemplo, em um simulador de voo; o indivíduo em treinamento precisa de um realismo muito grande, por que o avião é uma máquina complexa e o indivíduo em treinamento não pode aprender a manuseá-la com base em uma simulação simplista daquela máquina. Se este for o caso, corre-se o risco de que uma simulação minimalista leve o indivíduo a simplificar os procedimentos durante o treinamento simulado e, desta forma, o leve a um erro quando da operação da máquina real, e este erro possa provocar um desastre.

Algumas simulações exigem uma alta fidedignidade, outras nem tanto. Em algumas simulações de cunho educacional, como por exemplo, na simulação de um átomo, uma vez que não é viável representá-lo com exatidão, é razoável representá-lo de uma forma que seja possível entender seus conceitos e seu funcionamento; e com isto ajudar o aluno em seu aprendizado sobre as partículas que não são possíveis de serem vistas, mas cujo efeito pode ser percebido pelo aluno, tal como uma descarga elétrica, resultado de movimentação de elétrons, os quais ele nunca vai poder ver ao vivo.

- **INTERAÇÃO**

Neste trabalho, interação é considerada como a influência recíproca de dois ou mais elementos (PRIBERAM, 2018), compreendendo que, no contexto do mundo virtual, uma ação desencadeada por um elemento (seja ele avatar, NPC ou objeto); provocará a reação de/em outro elemento, mas, se houver uma reação programada para esta interação, senão, nenhuma reação será realizada.

Os mundos virtuais são ambientes onde os usuários, representados por seus avatares, tem grande facilidade para interagir com os objetos, com o cenário e com os outros avatares de várias maneiras. Segundo Yilmaz et al. (2015) a interação tem sido identificada como uma das características mais importantes da experiência de aprendizagem tanto nos ambientes de

aprendizagem tradicionais quanto nos ambientes de aprendizagem virtuais e é uma característica-chave das tecnologias da Internet. O uso de tecnologias digitais estabelece um vínculo natural entre o usuário e a tecnologia, quando a interação acontece através de um diálogo amigável mediado pela tecnologia, ao invés de uma aula formal (REGGINI, 1999). Especificamente no OpenSim, existem diversas formas de interação, que podem ser realizadas através da criação de um objeto, da sua manipulação (mudança de tamanho, cor, textura, posição, rotação) e inserção de programação script para torná-los dinâmicos (TIBOLA; TAROUCO e PASSERINO, 2013) e (TIBOLA e TAROUCO, 2015)

## **2.2 Laboratórios Educacionais Virtuais**

Considerando as exigências da LDB em relação aos laboratórios e a necessidade do fortalecimento da relação teórico-prática nas salas de aula, buscou-se identificar os tipos e as classes dos laboratórios principalmente pela ótica da disponibilidade, mas também, levando em consideração outros aspectos relevantes, como descritos a seguir.

No caso dos laboratórios educacionais, além de sua aplicação pedagógica, dois aspectos importantes devem ser considerados: o custo e a segurança. Segundo Feisel e Rosa (2005), devido ao custo crescente de instalação, os laboratórios educacionais físicos têm sofrido restrições de investimentos há décadas, motivadas principalmente pela redução de recursos direcionados às escolas e às universidades; em comparação com períodos em que ocorreram eventos históricos, tais como a Segunda Guerra Mundial, a Guerra do Vietnã e os projetos espaciais de Viagem à Lua, os quais demandavam pessoal de formação acadêmica com forte domínio teórico-prático.

No Brasil, frequentemente são publicadas notícias e reportagens relacionadas à carência de laboratórios e à necessidade de instalação e/ou atualização dos mesmos; tal como o jornal Folha de São Paulo informou que “de acordo com dados do Censo Escolar 2015, apenas 9% das escolas públicas de ensino fundamental (1º ao 9º ano) contam com laboratórios voltados, de alguma maneira, à experimentação científica”; descrevendo que alguns dos objetivos de ensino descritos na atual Base Nacional Curricular em discussão dependem de laboratórios de ciências. A reportagem afirma que não é possível ‘desenvolver o interesse, o gosto e a curiosidade pela ciência’ sem laboratórios voltados para o ensino (RIGHETTI, 2017).

Uma matéria da Revista Educação descreve que além dos laboratórios de Física, os laboratórios de Química e de Biologia também são prejudicados e destaca que; em 2006 foi proposto no Congresso Nacional um projeto que obrigaria todas as escolas públicas de ensino fundamental do país a manter laboratórios de ciências e de informática; os quais seriam



construídos com recursos do orçamento da educação, porém o projeto tramitou até 2011, quando foi arquivado na mesa diretora da Câmara dos Deputados (DE CASTRO, 2017). O arquivamento deste projeto só confirma o descaso com a educação e com os interesses da Nação e demonstra a defesa do próprio interesse ou do interesse de “terceiros” por grande parte da classe política brasileira.

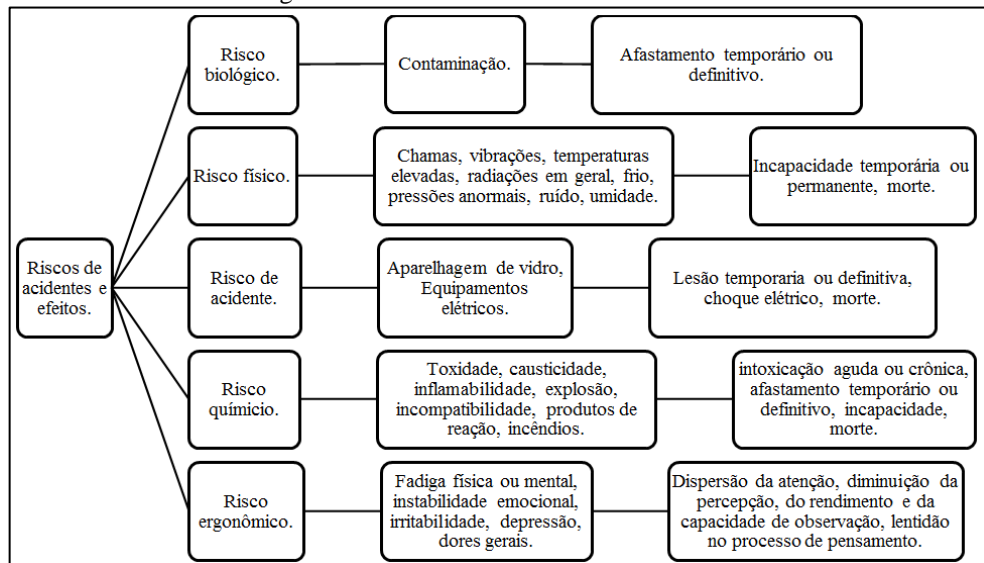
Além da instalação, os laboratórios físicos apresentam custos adicionais, derivados de sua utilização e da própria depreciação de sua estrutura pelo tempo e pelo uso. Os custos como (a) suprimentos e reagentes; (b) manutenção predial; (c) manutenção dos equipamentos; (d) pessoal de apoio, (e) apólices de seguro, (f) segurança predial e patrimonial, (g) despesas fixas (água, luz, telefone,...), são alguns dos custos que envolvem a utilização e a manutenção de laboratórios que visam às aulas práticas nas escolas.

O outro aspecto a ser observado nos laboratórios educacionais é a questão da segurança, uma vez que nos laboratórios são manipulados diversos tipos de materiais (corrosivos, inflamáveis, tóxicos, com carga biológica nociva, etc...) e equipamentos (com material cortante, com alta ou baixa temperatura, pressão, etc...), sendo que a manipulação inadequada de ambos pode causar danos à saúde ou até a morte; por conta disto tem-se um alto risco de acidentes nestes locais (VERGA, 2005).

Neste sentido, Carvalho (1999) argumenta que os laboratórios são frequentemente analisados na busca de situações de risco, uma vez que seus usuários podem não perceber estas situações por estarem rotineiramente repetindo as mesmas ações no ambiente. Assim, a utilização de boa prática e a obediência às normas de segurança laboratoriais serve para evitar que os usuários dos laboratórios sejam expostos a situações perigosas e coloquem em risco a sua saúde e as integridades física e patrimonial. A Figura 2 descreve os tipos de riscos que podem ser encontrados em um laboratório e suas possíveis consequências.

Uma vez que o desenvolvimento desta tese está direcionado para a prática em laboratório, é útil identificar quais são os seus tipos e sua classificação. Os laboratórios podem ser de três tipos: (a) de pesquisa - geram a base de conhecimento para outras pesquisas que vão aplicá-la; (b) de desenvolvimento - usado para criação de produtos e (3) de educação - objetivam consolidar nos estudantes o conhecimento teórico através da prática (Feisel e Rosa, 2005). Já em relação à classificação, Auer et al. (2003) classificam os laboratórios de acordo com a localização dos estudantes e do tipo de experimento: laboratórios tradicionais, laboratórios remotos, simulação local e laboratório virtual. A Figura 3 apresenta esta classificação.

Figura 2: Riscos de acidentes em laboratórios



Fonte: Carvalho (1999).

Considerando a classificação dos laboratórios, Schaf (2011) argumenta que as simulações realísticas podem representar fidedignamente situações reais de experimentos físicos, embora experimentos reais sejam mais efetivos para o aprendizado. Os laboratórios virtuais não existem fisicamente e geralmente utilizam todos os equipamentos simulados (virtuais). Já os experimentos reais possuem potencial educacional melhor que simulações, pois apresentam características geralmente desprezadas pelos simuladores, tais como ruídos (perturbações), limites de controle e efeitos não lineares, além de possuir uma dinâmica real do processo e possibilitar o manuseio de equipamentos (*hands-on*) e de uso de equipamentos empregados na indústria.

Figura 3: Classificação dos laboratórios.

		Aluno	
		Local	Remoto
Experimento	Real	Laboratório Tradicional	Laboratório Remoto
	Virtual	Simulação Local	Laboratório Virtual

Fonte: Adaptado de Auer et al. (2003).

A partir do descrito anteriormente, percebe-se a dificuldade da aquisição e manutenção dos laboratórios físicos nas escolas, devido à indisponibilidade de recursos financeiros; à carga de situações jurídico-administrativas que podem ser demandadas, no caso da ocorrência de acidentes no laboratório; e alguns problemas próprios de sua estrutura, tais como: estar localizado junto a um prédio/sala o qual é usado para outras atividades, como aula; possuir uma grande quantidade de alunos para um período limitado de tempo de uso; possuir uma

quantidade reduzida de equipamentos para atender um grande número de alunos; e estar distante da realidade cotidiana do aluno.

Uma alternativa que contorna vários dos problemas presentes nos laboratórios físicos é a utilização dos laboratórios educacionais virtuais. Eles apresentam as seguintes vantagens em relação aos laboratórios físicos: (1) seu custo é aceitável, uma vez que podem ser encontrados vários laboratórios com acesso gratuito na Internet, bem como objetos educacionais em repositórios com livre distribuição; (2) não apresentam risco à saúde do aluno, pois sendo simulados, não haverá contato físico com os reagentes, tampouco com os equipamentos; (3) permitem um grande número de acessos simultâneos nos mesmos períodos; (4) o aluno não precisa estar ou ir até a escola para fazer uma experiência, pode fazê-la de casa ou em trânsito; (5) o aluno pode repetir o experimento, sem se preocupar com a quantidade de reagentes e/ou desgaste do equipamento.

Vale lembrar que, os laboratórios de ensino, tanto físicos quanto virtuais, possuem uma importante função: permitir um maior entendimento, por parte do aluno, de conceitos teóricos que muitas vezes requerem a abstração do estudante em relação ao problema e a solução correspondente que a teoria oferece. Assim, esta abstração pode ser melhorada com uma representação conceitual mais realista, que permita ao aluno um entendimento mais concreto do tema em questão (TIBOLA; TAROUÇO; PEREIRA, 2014a, TIBOLA; TAROUÇO; PEREIRA, 2014b).

Esta tese utiliza os recursos tecnológicos para atividades em laboratórios virtuais. Buscou-se uma nomenclatura que possa representar melhor este tipo de laboratório e sua constituição, deste modo, agrupou-se a tipologia de Feisel e Rosa (2005) com a classificação de Auer et al. (2003) obtendo a denominação “laboratório educacional virtual”, à qual é utilizada no texto. Tendo o mundo virtual como plataforma, a construção de um laboratório educacional virtual deve contemplar requisitos educacionais. Estes requisitos podem ser atendidos pela aprendizagem experiencial, que é descrita na próxima seção.

### **2.3 Aprendizagem Experiencial**

De acordo com Brookfield (1984), os autores da área da aprendizagem experiencial tendem a usar o termo em dois sentidos contrastantes. No primeiro sentido, o termo aprendizagem experiencial é usado para descrever o tipo de aprendizagem obtida pelos estudantes, aos quais é dada a chance de adquirir e aplicar conhecimento, habilidade e sentimentos em um ambiente, de forma direta e relevante. Também, envolve um “encontro

direto com os fenômenos que estão sendo estudados, ao invés de meramente pensar sobre o encontro ou somente considerar a possibilidade de fazer algo sobre ele”.

Dentro do primeiro sentido da Aprendizagem Experiencial, uma contribuição especial foi dada pelo trabalho de David A. Kolb. O interesse de Kolb residiu em explorar os processos associados com o “fazer sentido” nas experiências concretas e os diferentes estilos de aprendizagem que podem estar envolvidos. Kolb criou o famoso modelo de quatro elementos: experiência concreta, observação e reflexão, formação de conceitos abstratos e teste em novas situações. Estes elementos foram representados no círculo da aprendizagem experiencial que envolve: (1) experiência concreta, seguida de (2) observação e reflexão, sucedida por (3) formação de conceitos abstratos, e (4) validação em novas situações (SMITH, 2010). O círculo da aprendizagem experiencial pode ser visto na Figura 4.

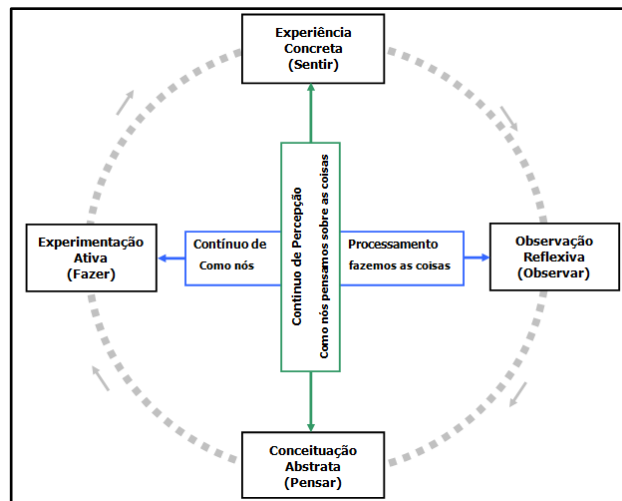
Desta forma, a Aprendizagem Experiencial (AE) é assim chamada para enfatizar o papel central que a experiência desempenha no processo de aprendizagem; uma ênfase que distingue a Aprendizagem Experiencial de outras teorias de aprendizagem. (KOLB; BOYATZIS E MAINEMELIS, 1999).

Na teoria da Aprendizagem Experiencial, a aprendizagem é entendida como “o processo pelo qual o conhecimento é criado através da transformação da experiência, o conhecimento resulta da combinação de compreender e transformar a experiência” (Kolb, 1984, p. 41). A Aprendizagem Experiencial retrata dois modos de compreender a experiência: Experiência Concreta (EC) e Conceituação Abstrata (CA), e dois modos de transformar a experiência: Observação Reflexiva (OR) e Experimentação Ativa (EA). De acordo com o ciclo de aprendizagem em quatro fases, representado na Figura 4, as experiências concretas ou imediatas são a base para observações e reflexões. Estas reflexões são assimiladas e refinadas em conceitos abstratos a partir do qual novas implicações para a ação podem ser extraídas. Estas implicações podem ser ativamente testadas e servem como guia para a criação de novas experiências (KOLB, 1984).

Cada etapa do processo de aprendizagem apresenta uma escolha para o aluno. Uma vez que é praticamente impossível, por exemplo, conduzir simultaneamente um carro (Experiência Concreta) e analisar o manual do motorista sobre o funcionamento do carro (Conceituação Abstrata), resolve-se o conflito fazendo a escolha de uma das ações. Por causa das características hereditárias, das experiências de vida e das exigências do ambiente, os indivíduos desenvolveram para si a melhor maneira de fazer as suas escolhas. Assim, resolve-se o conflito entre o concreto ou o abstrato, entre o ativo ou o reflexivo de forma característica e individualizada (KOLB; BOYATZIS E MAINEMELIS, 1999).

Além dos benefícios dos mundos virtuais para a construção de laboratórios educacionais, outra estratégia que pode trazer vantagens para a educação, e neste trabalho em específico para a aprendizagem experiencial, agregando elementos lúdicos e adaptável ao contexto educacional é a gamificação. A próxima seção apresenta a gamificação, seu uso na educação e em especial nos mundo virtuais e nos laboratórios educacionais.

Figura 4: Ciclo de Kolb nos contínuos processamento e percepção.



Fonte: Adaptado de Chapman (2006).

## 2.4 Gamificação

O brincar é uma ação comum na natureza e pode ser constatada nas brincadeiras realizadas pelos mamíferos, tanto entre os filhotes, entre filhotes e animais mais velhos e entre os animais adultos. Os humanos estenderem e refinaram as formas de brincar, refletindo seu contexto social, cultural e econômico ou simplesmente dando vazão à imaginação e criatividade (HUIZINGA, 1999). O ser humano, especialmente quando criança, cria situações lúdicas com elementos simples, tais como bater palmas, assoviar ou com uma canção de roda, mas também com materiais mais elaborados, como com o computador, por exemplo. Quando a brincadeira apresenta objetivos, regras e recompensas, ela se categoriza como um jogo. Esta sessão descreve os elementos de jogos que podem ser utilizados no processo educacional através de técnicas de gamificação.

A expressão *gamification* foi cunhada por volta do ano de 2008 pela indústria das mídias digitais (FARDO, 2013). Neste trabalho será utilizada sua tradução para o português: gamificação, já que ela é amplamente divulgada e aceita nos meios acadêmicos e empresariais brasileiros. A gamificação é uma estratégia na qual se aplicam técnicas de *design* de jogos para contextos não-jogos, a fim de dirigir o comportamento do usuário (GAMIFICATION.ORG, 2010).

Para o ambiente empresarial, segundo Burke (2014), o Grupo Gartner redefiniu o conceito de gamificação para “o uso da mecânica de jogos e do *design* da experiência para envolver e motivar digitalmente as pessoas a atingirem seus objetivos”, bem como estabeleceu os elementos-chaves desta definição:

(A) a mecânica do jogo - descreve o uso de elementos como pontos, emblemas e líderes, os quais são comuns a muitos jogos;

(B) o design da experiência - descreve a viagem que os jogadores fazem a partir de fundamentos como jogabilidade, espaço do jogo e enredo;

(C) ser um método para envolver digitalmente, em vez de envolver pessoalmente, o que significa que os jogadores interagem com computadores, *smartphones* e outros dispositivos digitais, em vez de com pessoas;

(D) seu objetivo é motivar as pessoas para mudar de comportamento, para desenvolver habilidades ou para impulsionar uma inovação;

(E) concentra-se em habilitar os jogadores para que estes atinjam seus objetivos, desta forma, quando as metas organizacionais estão alinhadas com os objetivos do jogador, a organização também atinge seus objetivos.

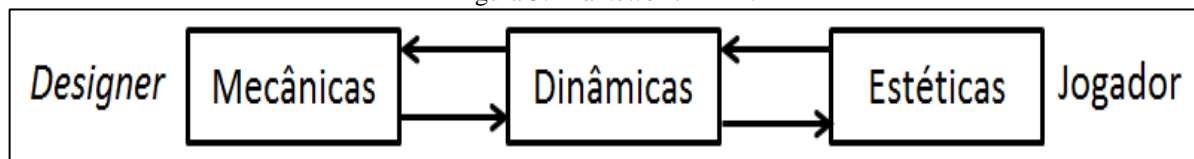
Outros autores consideram a gamificação no seu aspecto estrutural, tal como Busarello; Ulbricht e Fadel (2014), para quem a gamificação tem como base a ação de se pensar como em um jogo, utilizando as sistemáticas e mecânicas do ato de jogar em um contexto fora de jogo. Já para Kapp (2012), a gamificação prevê a utilização de mecânicas, estéticas e características dos jogos; para envolver e motivar as pessoas para aprender e para resolver problemas. Pode-se entender o método de gamificação como a partilha de elementos do *design* dos jogos para alcançar objetivos em comum. Ainda para Schäfer e Lopes (2011), a gamificação pode ser definida como a aplicação da lógica e da mecânica dos games em diferentes aspectos do cotidiano, caracterizando, portanto, ambientes que contenham elementos de jogos como gamificados.

Já em relação à estruturação dos jogos, Zichermann e Cunningham (2011), afirmam que uma das estruturas mais influentes para o *design* de jogos é o denominado *framework* MDA, de *Mechanics*, *Dynamics*, *Aesthetics* ou seja, Mecânicas, Dinâmicas e Estéticas, descrito na sequência e pode ser visto na Figura 5.

- **Mecânicas (*Mechanics*):** ajusta o funcionamento dos componentes do jogo. Em sua essência, elas permitem ao *designer* o controle total sobre os níveis do jogo, dando-lhe a capacidade de orientar as ações do jogador.

- **Dinâmicas (*Dynamics*):** são as interações do jogador com as mecânicas do jogo. Elas determinam o que cada jogador está fazendo em resposta à mecânica do sistema, tanto individualmente como com outros jogadores.
- **Estéticas (*Aesthetics*):** é como o jogo faz o jogador se sentir durante a interação. As estéticas do jogo podem ser vista como o resultado composto entre mecânicas e dinâmicas e de como estes componentes interagem entre si e criam emoções no jogador.

Figura 5: *Framework* MDA.



Fonte: Zichermann e Cunningham (2011).

Levando em conta o *framework* MDA, um componente fundamental para a gamificação são as Mecânicas. Conforme Zichermann e Cunningham (2011) as Mecânicas de um sistema gamificado são constituídas por uma série de ferramentas que, quando utilizadas corretamente, permitem obter uma resposta significativa (estética) dos jogadores. As Mecânicas dos jogos se concentram nos seguintes elementos:

- **Pontos:** são importantes, pois, independentemente de sua acumulação, eles são compartilhados entre os jogadores ou entre o *designer* e o jogador. Quando o desenvolvedor considera usar um sistema de pontos em primeiro lugar, ele pode imediatamente pensar em um objetivo para um evento esportivo, em pontos resgatáveis para um videogame ou em pontos de bônus concedidos aos jogadores que completarem com sucesso as tarefas especiais dentro do jogo.
- **Níveis:** são etapas que indicam o progresso do jogador dentro do jogo.
- **Placar:** tem como propósito a realização de comparações.
- **Divisas:** são elementos simbólicos – como distintivos – com o propósito de marcar os objetivos e os constantes progressos dentro do sistema.
- **Integração:** possibilita que um jogador inexperiente se veja inserido no sistema.
- **Desafios e Missões:** são dados aos jogadores, indicando as direções daquilo que deve ser feito dentro do universo da experiência.
- **Laços de engajamento:** a criação e manutenção de emoções motivadoras sucessivas contribuem para que o jogador tenha um contínuo processo de reengajamento na experiência do jogo.

- **Personalização:** pode ser caracterizada de várias formas e possibilita a transformação de itens do sistema pelo jogador.
- **Reforço e *Feedback*:** servem para fornecer dados ao jogador, informando-o onde ele se encontra no ambiente e o resultado de suas ações. São recursos essenciais para o jogo como um todo.

Considerando as definições de gamificação, os tipos de jogadores, a estrutura proporcionada pelo *framework* MDA, com suas Mecânicas (*Mechanics*), Dinâmicas (*Dynamics*) e Estéticas (*Aesthetics*), as possibilidades oferecidas pelos elementos disponibilizados pelas Mecânicas do MDA; é possível considerar os recursos oferecidos pela gamificação como instrumentos para ampliar a motivação, o engajamento e propiciar o estado do Flow no aluno. A próxima seção descreve a teoria de Flow e suas características.

## 2.5 Teoria de Flow

O interesse pela ocorrência de Flow surgiu como resultado de uma série de estudos sobre as chamadas atividades autotélicas, isto é, coisas que as pessoas fazem por causa da própria atividade. Nas palavras de Csikszentmihalyi (1990, p. 67), a atividade autotélica “é uma atividade autossuficiente, realizada sem a expectativa de algum benefício futuro, mas simplesmente porque realizá-la é a própria recompensa”.

Segundo Diana et al. (2014), na experiência autotélica “o principal objetivo é atingir o prazer sem a expectativa de algum benefício futuro; é realizar a atividade para seu próprio bem”. Ainda, Diana et al. 2014 reforçam a associação entre a experiência autotélica e a motivação intrínseca, na qual a principal recompensa está em realizar a atividade e não no que ela irá trazer como consequência. Esta associação reitera a afirmação de Csikszentmihalyi (1990, p. 106), que “quando a experiência é intrinsecamente gratificante a vida se justifica no presente, em vez de ser refém de um ganho futuro hipotético”.

Desde o começo de seus estudos sobre Flow, Csikszentmihalyi reconheceu a possibilidade de uma pessoa possuir a personalidade autotélica, uma vez que esta pessoa “geralmente faz as coisas para o seu próprio bem, em vez de procurar atingir algum objetivo externo mais tarde” (CSIKSZENTMIHALYI, 1997, p. 117). Este tipo de personalidade se distingue por apresentar diversas meta habilidades ou competências que permitem ao indivíduo alcançar o Flow e permanecer nele. Estas meta habilidades incluem uma curiosidade geral: o interesse pela vida, a persistência e o baixo egocentrismo, os quais resultam na capacidade de ser motivado por recompensas intrínsecas (CSIKSZENTMIHALYI, 2014a; CSIKSZENTMIHALYI, 2014b).



Para identificar situações autotélicas, basta considerar que as pessoas realizam atividades demoradas, difíceis e muitas vezes perigosas, para as quais não recebem recompensas extrínsecas perceptíveis. A partir do questionamento destas atitudes, Csikszentmihalyi realizou centenas de entrevistas com alpinistas, jogadores de xadrez, atletas e artistas, e concluiu que os entrevistados relataram uma experiência subjetiva muito semelhante, da qual eles gostaram tanto que estavam dispostos a fazer grandes esforços para experimentá-la novamente. Esta vivência foi chamada de “estado de Flow”, porque ao descrever como se sentiam quando a atividade estava acontecendo, vários entrevistados usaram a metáfora de uma corrente que os levava adiante, sem esforço (CSIKSZENTMIHALYI; ABUHAMDEH e NAKAMURA, 2014). Nos países de língua portuguesa Flow é traduzido como “Fluxo”, mas o autor preferiu manter a nomenclatura original, evitando divergências em relação à sua tradução e interpretação.

Então, Flow é um estado subjetivo que as pessoas relatam quando elas estão completamente envolvidas em algo a ponto de esquecer o tempo, fadiga e tudo o mais, exceto a própria atividade. A característica determinante de Flow é o intenso envolvimento experiencial em uma atividade, a cada momento de sua realização. A atenção está totalmente voltada para tarefa a ser realizada e as pessoas funcionam em sua plena capacidade. (CSIKSZENTMIHALYI; ABUHAMDEH e NAKAMURA, 2014).

### 2.5.1 Criação e vivência do estado de Flow

Assim, para que o estado de Flow ocorra, três condições-chaves são necessárias: (I) a atividade deve apresentar um conjunto claro de objetivos, os quais servem para acrescentar direção e propósito ao comportamento, o seu valor reside na capacidade de estruturar a experiência ao canalizar a atenção; (II) existência de equilíbrio entre desafios percebidos e habilidades dominadas: é a percepção das demandas e habilidades e não necessariamente da sua presença objetiva, uma vez que, se os desafios começam a ultrapassar as competências, o indivíduo normalmente se torna ansioso e se as habilidades começam a ultrapassar os desafios, o indivíduo relaxa e, em seguida, fica aborrecido; e (III) *feedback* claro e imediato: o indivíduo é informado quanto bem ele está progredindo na atividade e determina se deve ajustar ou manter o atual curso de ação, o *feedback* deixa o indivíduo com pouca dúvida sobre o que fazer a seguir (CSIKSZENTMIHALYI; ABUHAMDEH e NAKAMURA, 2014).

Sob estas condições, o indivíduo entra em um estado subjetivo com as seguintes características: (1) concentração intensa e focada naquilo que está fazendo no presente momento; (2) fusão da ação e da consciência; (3) perda da autoconsciência reflexiva, isto é,

perda da consciência de si próprio como ator social; (4) sensação de que se podem controlar as ações e se sabe como responder ao que acontece a seguir; (5) distorção da experiência temporal, normalmente a sensação de que o tempo passou mais rápido ou devagar do que o normal; (6) experiência da atividade como intrinsecamente gratificante, de tal forma que muitas vezes o objetivo final é apenas uma desculpa para o processo (NAKAMURA e CSIKSZENTMIHALYI, 2014). O Quadro 1 apresenta as condições e os componentes já descritos, adicionando as consequências do estado Flow. Desta forma, após ter reunido as condições e vivenciado os componentes do estado de Flow, o indivíduo poderá experimentar os efeitos desta condição mental, como descrito em seguida.

Quadro 1: Condições, componentes e consequências da experiência de Flow.

CONDIÇÕES →	COMPONENTES →	CONSEQUÊNCIAS
Objetivos claros <i>Feedback</i> claro e imediato Equilíbrio entre habilidades e desafios	Concentração intensa Fusão da ação e da consciência Perda da autoconsciência reflexiva Sensação de controle Distorção do tempo Experiência autotélica	Afetivas Cognitivas Psicológicas Qualidade do desempenho

Fonte: Adaptado de Landhäußer e Keller (2012).

Então, parece plausível supor que uma experiência tão agradável quanto o estado de Flow leve o indivíduo à emoção e à felicidade. Conforme afirma Csikszentmihalyi (1990), a felicidade é derivada do desenvolvimento pessoal e do crescimento, e as situações que permitem vivenciar o Flow (isto é, situações em que somos confrontados com desafios que podem ser superados) permitem a experiência do desenvolvimento pessoal. O sentimento de progresso deve levar a uma emoção positiva depois de uma experiência de Flow, mas, a emoção ou a memória desta emoção, também podem permanecer no longo prazo. Assim, dependendo da frequência e intensidade da experiência, o Flow pode ter um impacto positivo nos estados afetivos, bem como na satisfação com a vida (LANDHÄUßER e KELLER, 2012).

Quando um indivíduo experimenta o Flow, sua cognição pode ser influenciada. A concentração profunda é um atributo distinto do estado de Flow que pode ser transferida para tarefas e situações após uma experiência de Flow. Um indivíduo que está envolvido em uma tarefa de modo profundamente concentrado pode manter este modelo de trabalho mesmo quando o estado de Flow termina. Além disso, experiências frequentes de Flow (e, portanto, episódios frequentes envolvendo uma concentração profunda em uma tarefa) poderiam aumentar a capacidade de concentração e o tempo de atenção. A capacidade de concentração também poderia ser fomentada pela experiência de autorregulação bem-sucedida durante um

estado de Flow. Como um aspecto do Flow é a autoconsciência reduzida, indivíduos que vivenciam o Flow podem ter mais recursos autorregulatórios disponíveis em uma situação sucessiva do que indivíduos que não estão em Flow. Isto é, tais indivíduos poderiam ser menos exauridos do que os indivíduos que não estão em Flow, o que pode facilitar a capacidade de concentração (LANDHÄUBER e KELLER, 2012).

Outra consequência do estado de Flow é a psicológica. Para De Manzano et al. (2010) apud Peifer (2012), o Flow é experimentado durante o desempenho da tarefa como resultado de uma interação entre sistemas emocionais e de atenção, isto é, processos cognitivos e fisiológicos, possibilitados por um certo nível de especialização. Peifer (2012), ainda cita Selye (1983), que distingue as formas de estresse saudáveis dos não saudáveis, usando os termos *distress* (do latim: dis = mau; associado a emoções negativas) e *eustress* (do grego: eu = bom, associado a emoções positivas). Selye (1983) descreveu o *eustresse* como “agradável tensão de realização”, uma descrição que lembra a experiência de Flow. Como o Flow, o *eustress* é um estado agradável e desejável causado por situações desafiadoras combinadas com alto nível de controle e a percepção subjetiva da importância da situação, assim, caracterizando tanto Flow quanto *eustress* pela excitação positiva e pelo aumento da produtividade. Ainda, Flow é um estado positivamente combinado (componente afetivo), resultante de uma atividade avaliada como um desafio ótimo (componente cognitivo), caracterizado por ativação fisiológica otimizada (componente fisiológico) para concentração total no enfrentamento dos desafios ambientais ou atividades (componente comportamental) (PEIFER, 2012).

Por fim, a qualidade no desempenho do indivíduo pode ser uma das consequências do Flow. Desde o início das pesquisas de Flow, uma relação próxima entre as experiências de Flow e as de desempenho tem sido sugeridas. Esta associação tem duas razões plausíveis: (1) o Flow é caracterizado pela alta concentração e o senso de controle, que são facilitadores do desempenho, como tal, o Flow é um estado altamente funcional e deve resultar em melhor desempenho por si só; (2) o Flow pode ser visto como uma força motivadora para a excelência, como o Flow é experimentado como intrinsecamente gratificante, os indivíduos procuram replicar as experiências de Flow. Isso introduz um mecanismo seletivo no funcionamento psicológico que promove o crescimento pessoal. As pessoas desenvolvem maiores níveis de habilidades sempre que dominam os desafios de uma atividade. Para manter o nível ideal de desafios que fomentam as experiências de Flow, elas devem se envolver com tarefas progressivamente mais complexas. Portanto, experiências de Flow implicam em um princípio de crescimento, pelo qual desafios mais complexos são procurados e habilidades

mais complexas são susceptíveis de se desenvolver. Ou seja, indivíduos que tendem a experimentar o Flow em um conjunto especial de atividades devem ser motivados a se engajar nessas atividades e, portanto, ganhar experiência, pelo menos em longo prazo (LANDHÄUBER e KELLER, 2012).

### 2.5.2 As dimensões do Flow

Considerando importância das condições e dos componentes para a vivência do estado de Flow, a relevância do estado de Flow nesta tese e para seu melhor entendimento do processo como um todo, é pertinente detalhar as nove dimensões que compõem a experiência de Flow, como segue:

#### 1) Equilíbrio entre desafios e habilidades

É comum acontecer de uma pessoa comentar que teve uma experiência de extremo prazer, um sentimento de êxtase, sem nenhuma razão evidente. Porém, uma proporção esmagadora das experiências de Flow ocorre dentro da sequência de atividades que se acham dirigidas para atingir uma meta e são reguladas por normas, estas atividades requerem o emprego de energia psíquica e não podem ser realizadas sem as habilidades adequadas.

É importante esclarecer que uma “atividade” não é necessariamente no sentido de manipular algo palpável, e que a “habilidade” não precisa ser uma habilidade física. Uma atividade que se enquadra nestes quesitos é a leitura. A leitura é uma atividade porque requer concentração, atenção e tem um objetivo, e para realizá-la devem-se saber as regras da linguagem escrita. As habilidades implícitas para que alguém leia incluem não somente a alfabetização, mas também a capacidade de traduzir palavras em imagens, de simpatizar com personagens fictícios, de reconhecer contextos históricos e culturais, de antecipar reviravoltas na trama, de criticar e avaliar o estilo do autor, entre outros. Em um sentido amplo, qualquer capacidade para manipular informação simbólica é uma “habilidade”, tal como a habilidade do matemático para formar relações quantitativas em sua cabeça ou a habilidade do músico para combinar as notas musicais.

Por outro lado, qualquer atividade possui uma enorme quantidade de oportunidades para a ação, ou seja, os “desafios”, que para sua realização requerem a posse das habilidades apropriadas. Para os indivíduos que possuem as habilidades adequadas, a atividade não os desafia, simplesmente não tem sentido. Assim, colocar um tabuleiro de xadrez em cima de uma mesa vai atrair o jogador de xadrez, porém, causará calafrio em quem não conhece as regras do jogo ou não sabe jogá-lo. Para a maioria das pessoas, uma grande parede rochosa é uma pedra enorme, mas para um alpinista, é um lugar que lhe oferece uma sinfonia

interminável e completa de desafios físicos e mentais. Uma maneira simples de encontrar desafios é participar de uma situação competitiva. É aqui que reside o grande atrativo de todos os jogos e esportes, nos quais uma pessoa enfrenta outra, ou um grupo disputa com outro.

Porém, seria um equívoco assumir que somente o ócio, a arte e o lazer podem oferecer experiências de Flow. Em uma cultura saudável, o trabalho produtivo e as rotinas cotidianas necessárias à vida diária também podem oferecer esta experiência. Então, seria proveitoso para um indivíduo, se ele descobrisse como transformar as atividades rotineiras em jogos pessoalmente significativos que lhe oportunizem experiências de Flow. Assim, cortar a grama e esperar sua vez no dentista podem se tornar atividades agradáveis, se a pessoa reestruturar a atividade colocando objetivos, regras e outros elementos de prazer e assim, a realização daquela atividade traria prazer para quem a executa.

Os indivíduos que alcançaram o estado de Flow relataram que em todas aquelas atividades em que obtiveram prazer, ele foi alcançado quando os indivíduos chegavam a um ponto muito específico: no momento em que as oportunidades para a ação, tal e como eram percebidas pelo indivíduo, estavam igualadas as suas capacidades. Um exemplo deste relato é o de jogar tênis, pois, não é agradável se os adversários estão desnivelados, pois, o jogador menos treinado se sentirá ansioso e o melhor jogador se sentirá aborrecido. O mesmo serve para qualquer outra atividade humana (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

## 2) Fusão da ação e da consciência

Quando uma pessoa reúne todas as habilidades que necessita para enfrentar os desafios de uma situação, sua atenção está completamente absorvida pela atividade. Quase não há energia psíquica pra processar outras informações, exceto as que a própria atividade oferece. Toda a atenção está concentrada nos estímulos pertinentes à realização da atividade.

Como resultado, acontece um dos aspectos mais distintos e universais da experiência de Flow: as pessoas estão tão envolvidas no que estão fazendo que a atividade tornasse algo espontâneo, quase automático, deixam de ser conscientes de si mesmos (cientes de encontrarem-se como seres separados das ações que estão realizando).

Uma bailarina descreve como se sente quando está dançando bem: “Te sentes totalmente concentrada. A mente não divaga, não pensa em outras coisas, estás totalmente envolvida no que fazes. [...] A energia flui muito suavemente. Te sentes relaxada, cômoda e cheia de energia”. Um alpinista explica o que constata quando sobe uma montanha: “Te envolve tanto no que fazes que não pensas em ti mesmo como algo separado da atividade que fazes. [...] Você é o que está fazendo”.

Por esta razão esta experiência é chamada de Flow. Esta palavra curta e simples descreve muito bem o sentido de um movimento aparentemente sem esforço. As palavras a seguir são de um alpinista e poeta: “a mística da escalada é subir, consegues chegar lá em cima feliz por ter conseguido, porém, realmente, teu desejo é que a subida tivesse durado para sempre. A justificativa da escalada é a própria escalada, como a justificativa da poesia se encontra na própria escrita do poema, não conquistas nada, exceto à ti mesmo. [...] O ato de escrever justifica a poesia. Na escalada acontece o mesmo: te das conta de que você é um fluxo.”

Embora a experiência de Flow pareça acontecer sem esforço, está longe de ser assim. Frequentemente ela requer um vigoroso esforço físico ou uma atividade mental altamente disciplinada. A experiência de Flow não acontece se não nos aplicarmos em realizá-la de maneira habilidosa. Qualquer distração é suficiente para a concentração desaparecer. Mas enquanto a concentração permanecer, a consciência trabalha suavemente e uma ação segue a outra ação, ininterruptamente. Na vida normal nós nos interrompemos constantemente com dúvidas e perguntas: “Por que eu faço isto? Será que eu deveria fazer de outra maneira?” Repetidamente questionamos a necessidade de nossas ações e avaliamos criticamente as razões que nos levam a realizá-las. Porém, quando em Flow, no há necessidade de refletir, por que a ação nos leva adiante como que por encantamento (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

### 3) Objetivos claros

A razão que justifica um envolvimento tão completo em uma experiência de Flow é que, normalmente, as metas estão claras e o *feedback* é imediato. Um jogador de tênis sempre sabe que deve fazer: devolver a bola na quadra do adversário, e cada vez que bate na bola, sabe se a batida foi boa ou não. O alpinista que avança na escalada de uma parede vertical de rocha tem uma meta muito simples: completar a subida sem cair. Conforme o tempo vai passando, segundo após segundo, hora atrás de hora, o alpinista sabe se está próximo de seu objetivo. Mas é claro que, se o indivíduo escolhe um objetivo trivial, o êxito em si não lhe proporcionará prazer. Se este indivíduo estabelece como objetivo se manter vivo enquanto permanece sentado no sofá da sala da sua casa, ele também poderia passar os dias sabendo que está conseguindo atingir seu objetivo, da mesma forma que o alpinista sabe que está alcançando o seu objetivo. Porém, o sucesso em atingir o objetivo de se manter vivo no sofá, pode não fazer aquele indivíduo tão feliz, quando comparada com a alegria de um alpinista ao conseguir realizar uma escalada perigosa.

Certas atividades requerem muito tempo para poderem ser realizadas e, portanto, os objetivos e o *feedback* são extremamente importantes. Mesmo assim, as metas de uma

atividade não estão sempre tão claras como no jogo de tênis e o *feedback* frequentemente é mais ambíguo do que a simples informação do tipo “Eu não caí!”, processada pelo alpinista. Por exemplo: um compositor de música pode saber que deseja escrever uma canção ou um concerto de flauta, porém, exceto isto, seus objetivos estão pouco definidos, a mesma situação ocorre com um artista que pinta um quadro, para as atividades criativas ou para aquelas que são realizadas na natureza. Porém, estas são as exceções que confirmam a regra: a menos que a pessoa aprenda a fixar seus objetivos, reconhecer e medir seu *feedback* em tais atividades, não vai gostar do resultado delas.

Para algumas atividades criativas, onde os objetivos não estavam claramente definidos de antemão, o sujeito que as realiza deve desenvolver um forte significado pessoal daquilo que deseja fazer. O artista poderia não ter uma imagem visual de como ficaria a obra no final da pintura, porém, quando o quadro tivesse progredido até certo ponto, o pintor deveria saber se é aquilo que ele quer fazer ou não. Um artista que avalia sua pintura deve ter interiorizado os critérios para saber se o quadro está “bom” ou “ruim” até aquele momento, para então decidir se continua ou abandona a pintura. Sem tais referências internas, é impossível experimentar o Flow.

#### 4) *Feedback* imediato

O que constitui o *feedback* varia consideravelmente em diferentes atividades para pessoas distintas. Algumas pessoas sentem indiferença frente a situações ou objetos que outras pessoas às desejam com tanta ansiedade que nunca podem alcançar o suficiente do mesmo. Por exemplo: existem cirurgiões que sentem tanto amor pelas operações que realizam que não mudaram para a medicina interna; mesmo que ganhassem dez vezes mais dinheiro que com a cirurgia, por que um especialista em medicina interna nunca sabe exatamente se ele está fazendo bem o seu trabalho. Por outro lado, em uma cirurgia, a condição do paciente quase sempre está clara, por exemplo, uma operação específica teve êxito enquanto não haja sangue na incisão. Quando o órgão enfermo foi extraído, a tarefa do cirurgião está cumprida; depois, a sutura proporciona uma sensação gratificante de finalizar a atividade. E o desdém que o cirurgião faz aos psiquiatras é ainda maior do que o desdém que ele faz com a medicina interna: o psiquiatra pode permanecer dez anos com um paciente sem saber se o tratamento o está ajudando.

Porém, o psiquiatra, que também ama seu trabalho, recebe *feedback* constante: a maneira pela qual o paciente se comporta, a sua expressão facial, seu tom de voz, o conteúdo do material que o paciente expõe durante a sessão ..., todas estas informações são indicadores que o psiquiatra usa para medir o progresso da terapia. A diferença entre um cirurgião e um

psiquiatra é que o primeiro considera o sangue e a extração do órgão como o único meio de *feedback* que existe, enquanto que o segundo avalia os sinais que refletem o estado mental de um paciente, sendo que para ele, estas são informações muito importantes. O cirurgião julga que o psiquiatra é um ‘fraco’ por que está interessado em objetivos efêmeros, já o psiquiatra, pensa que o cirurgião é um ‘bruto’, por sua atuação fria e mecânica com o paciente.

O tipo de *feedback* que buscamos frequentemente é, em si, insignificante: “que diferença faz se direciono a bola de tênis dentro da zona delimitada pelas linhas brancas, se imobilizo o rei inimigo sobre o tabuleiro ou se observa um vestígio de compreensão nos olhos do meu paciente ao final a sessão?”. O que dá valor a essa informação é a mensagem simbólica que ela contém: que se obteve sucesso ao atingir os objetivos estabelecidos. Tal conhecimento cria ordem na consciência e fortalece a estrutura da personalidade.

Quase qualquer tipo de *feedback* pode ser agradável, sempre que está logicamente relacionado com os objetivos pelos quais o indivíduo está empregando a sua energia psíquica. Se uma pessoa consegue equilibrar um bastão de madeira no nariz, isto pode lhe trazer momentos agradáveis. Porém, cada um de nós é sensível, possui um temperamento, uma gama de informações que aprendemos a valorizar mais do que outras pessoas, e é provável que consideremos que o *feedback* que envolve esta informação é mais importante para nós do que os outros possam pensar.

Por exemplo, algumas pessoas nascem com uma sensibilidade excepcional para o som. É provável que tais indivíduos se sintam atraídos pela sonoridade, e aprendam a controlar e a criar informação auditiva. Para eles o *feedback* mais importante consistirá em serem capazes de combinar sons para criar ou reproduzir ritmos e melodias. Possivelmente, estes indivíduos serão compositores, cantores, músicos, diretores ou críticos musicais. (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

##### 5) Concentração intensa e focada na tarefa atual

Uma das mais frequentemente mencionadas dimensões da experiência de Flow é a concentração intensa, embora seja difícil, torna a pessoa capaz de esquecer todos os aspectos desagradáveis da vida. Esta componente do Flow é um subproduto importante do fato de que as atividades agradáveis requerem o foco total da atenção na tarefa atual e assim não há espaço algum na mente para as informações que não são relevantes.

Na vida cotidiana normal, ficamos presos a pensamentos e preocupações que interferem em nossa mente, sem desenvolver nossa consciência. Uma vez que as maiorias dos trabalhos e da vida doméstica em geral carecem de experiências de Flow, a concentração raras vezes é tão intensa a ponto de permitir que as preocupações e inquietudes possam ser descartadas



automaticamente. Portanto, o estado mental habitual tem episódios inesperados e frequentes de entropia<sup>2</sup>, que impedem o funcionamento harmônico da energia psíquica. Esta é uma razão pela qual o Flow melhora a qualidade da experiência: os desafios claramente estruturados da atividade impõem ordem e excluem as interferências de desordem na consciência.

Um professor de Física, que também era um intrépido alpinista, descreveu seu estado mental enquanto escalava uma montanha: “É como se eu estivesse desconectado da memória. Tudo o que eu podia recordar eram os últimos trinta segundos e tudo o que podia pensar para o futuro se resumia em cinco minutos”. De fato, qualquer atividade que requer concentração, tem um lapso de tempo similar ao exemplo do alpinista.

Porém, não é somente o foco temporal que conta. Também, é importante que somente uma gama de informações muito seleta possa entrar na consciência. Para tanto, todos os pensamentos de preocupação que habitualmente temos em nossa mente ficam temporariamente suspensos.

Por exemplo, a navegação oceânica proporciona este momento de esquecimento, como relata um navegador: “Não importam os pequenos inconvenientes que surgem por estar em alto mar; as preocupações e problemas desaparecem de vista como a silhueta da costa por trás do horizonte. Uma vez, estávamos em mar aberto e já não havia razão alguma para nos preocuparmos, já não havia nada que pudéssemos fazer em relação aos nossos problemas até alcançarmos o próximo porto. [...] A vida estava, por um instante, despojada de sua artificialidade; [os outros problemas] nos pareciam insignificantes se comprados com todo o estado do vento, do mar e da distância percorrida durante o dia”.

A concentração produzida pela experiência de Flow – junto com a clareza dos objetivos e *feedback* imediato – colocam ordem na consciência e induzem a agradável condição de neguentropia<sup>3</sup> psíquica (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

#### 6) Sensação de controle

Frequentemente o prazer é sentido nos jogos, esportes e outras atividades de ócio que são distintas da vida diária, nas quais pode acontecer um grande número de situações negativas. Se uma pessoa perde no jogo de xadrez ou realiza seu passatempo de forma desleixada, não precisa se preocupar; porém, na “vida real”, se um indivíduo não trabalha de acordo com o esperado, pode ser demitido, perder a hipoteca de sua casa e acabar dependendo da assistência social. Assim, em quase todos os casos, a experiência de Flow também envolve

---

<sup>2</sup> Medida da desordem de um sistema. Desordem ou imprevisibilidade. Diferente de NEGUENTROPIA (PRIBERAM, 2018).

<sup>3</sup> Medida da ordem de um sistema. Ordem ou previsibilidade. Diferente de ENTROPIA (PRIBERAM, 2018).

uma sensação de controle ou mais exatamente, implica em não se preocupar em perder o controle, já que o temor de perder o controle é típico em muitas situações da vida normal.

É desta forma que uma bailarina expressa esta dimensão da experiência de Flow: “Me sinto calma e muito relaxada. Não tenho a preocupação como fracasso. Que sentimento mais poderoso e quente! Quero expressar-me, abraçar o mundo. Sinto um poder enorme na minha dança para mostrar a beleza e a graça”. E um jogador de xadrez relata: “... tenho um sentimento generalizado de bem estar e controlo meu mundo por completo”.

Realmente, o que estes sujeitos descrevem é mais a “**possibilidade**”, do que a “**realidade**” do controle. A bailarina pode cair romper os ligamentos e nunca voltar a fazer o giro perfeito; o jogador de xadrez pode ser derrotado e nunca chegar a ser campeão. Porém, pelo menos como possibilidade, no mundo do Flow, a perfeição é possível.

Esta sensação de controle também é descrita na realização de atividades agradáveis que envolvem sérios riscos, atividades que para o leigo parecem muito mais perigosas do que as tarefas da vida cotidiana. As pessoas que praticam voo de asa delta, alpinismo, corridas de automóveis, mergulho em grandes profundidades e outros esportes similares, simplesmente por diversão, estão colocando-se de propósito em situações de falta de segurança. Assim, quando todos estes indivíduos explicam suas experiências de Flow, uma parte importante desta experiência é o aumento considerável de sua sensação de controle.

É importante perceber que as atividades que produzem as experiências de Flow, inclusive as aparentemente mais arriscadas, estão projetadas de tal modo que permitem a quem as pratica, o desenvolvimento das habilidades suficientes para reduzir a margem de erro à zero ou tão perto de zero quanto possível. Por exemplo, os alpinistas reconhecem dois tipos de perigos: o “objetivo” e o “subjetivo”. O primeiro tipo é formado pelos eventos físicos imprevisíveis que uma pessoa pode enfrentar em uma montanha: uma tormenta repentina, uma avalanche, uma rocha que cai, uma queda drástica de temperatura. Os alpinistas podem se preparar contra estas ameaças, porém, nunca poderão prevêê-las totalmente.

Por sua vez, os perigos subjetivos são os que provem da falta de habilidade pessoal, incluindo a incapacidade de estimar corretamente a dificuldade de uma escalada em relação à sua própria capacidade. O objetivo na escalada é evitar os perigos objetivos tanto quanto seja possível e eliminar inteiramente os perigos subjacentes mediante uma rigorosa disciplina e uma sólida preparação.

Como o exemplo da escalada ilustrou, o que as pessoas desfrutam não é o sentimento de “ter” o controle, mas, o sentimento de “exercer” esse controle em situações difíceis. Não é possível experimentar um sentimento de controle a menos que se esteja disposto a abandonar

a segurança das rotinas protetoras (a popularmente conhecida “zona de conforto”). Somente quando está em jogo um resultado duvidoso e quando alguém é capaz de influir neste resultado, a pessoa poderá saber se realmente tem ou não o controle da situação. Porém, existe um tipo de atividade que parece constituir a exceção: os jogos de azar. Estes jogos são agradáveis, porém, por definição possuem como base o azar, que presumivelmente não é influenciado pelas habilidades pessoais (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

#### 7) Perda da autoconsciência reflexiva

Como descrito anteriormente, quando uma atividade monopoliza completamente a consciência, não há atenção livre o suficiente que permita que uma pessoa pense sobre o passado, sobre o futuro ou em relação a qualquer outro estímulo temporalmente desconectado do presente. Existe um tema que desaparece da consciência e que merece atenção especial, por que na vida diária dedicamos muito tempo para pensar sobre ele: nossa própria personalidade. Um alpinista relata este aspecto da experiência: “É como um sentimento zen, como a meditação ou a concentração. O que se deseja conseguir é a precisão mental. Podes ter teu ego ocupando-se em escalar de todas as maneiras possíveis e isto não é necessariamente a iluminação. Porém, quando as coisas chegam a converter-se em algo automático, de certa forma é como não ter ego. De algum modo, você fez o correto sem estar pensando sobre ele ou fazendo qualquer outra coisa. [...] Simplesmente acontece. E você está ainda mais concentrado”.

A perda da sensação de que o indivíduo é uma personalidade separada do mundo que o rodeia, às vezes vem acompanhado de um sentimento de união com o ambiente, seja com a montanha, com a floresta, formando parte da equipe, jogando no time, fazendo parte do grupo. Esta sensação de “chegar a ser uma só carne” tão vivamente descrita por vários indivíduos, é um aspecto muito real da experiência de Flow. As pessoas dizem sentir esta experiência tão concretamente quanto sentem o alívio da fome e da dor. A preocupação com a própria personalidade consome energia psíquica, por que na vida cotidiana, frequentemente nos sentimos ameaçados. Quando nos sentimos ameaçados temos necessidade de trazer para a consciência a imagem que temos de nós mesmos e assim, podemos descobrir se a ameaça é séria ou não, e como deveríamos enfrentá-la. Por exemplo, se caminhando na rua, observo que algumas pessoas viram o rosto e me olham com desagrado, o normal é perguntar-se imediatamente com preocupação: “Há algo errado? Estou com o rosto sujo? Estou com a roupa rasgada?”. Centenas de vezes a cada dia, concordamos com a vulnerabilidade de nossa personalidade e cada vez que isto acontece, a energia psíquica se perde tratando de restaurar a ordem da consciência.

Porém, no Flow não há lugar para o exame minucioso de mim mesmo. Uma vez que as atividades agradáveis possuem objetivos claros, regras estáveis e os desafios estão bem equiparados com as habilidades, há poucas oportunidades para que a personalidade se veja ameaçada. Quando um alpinista realiza uma escalada difícil, está totalmente absorvido em seu papel. Ele é 100% um alpinista ou não sobreviverá. Não há maneira de que alguma coisa ou alguém possa fazê-lo pensar em qualquer outro aspecto de sua personalidade. Se ele está com o rosto sujo ou não, não importa. A única ameaça possível é a que proceda da montanha, embora um bom alpinista se prepare bem para encarar esta ameaça e não necessita entrar na sua personalidade durante o processo.

A ausência da personalidade na consciência não significa que a pessoa em Flow tenha abandonado o controle de sua energia psíquica e que não seja consciente do que acontece em seu corpo ou em sua mente; na realidade, normalmente acontece ao contrário. Quando as pessoas falam pela primeira vez da experiência de Flow, às vezes acreditam que a falta de autoconsciência tem relação com a eliminação passiva de personalidade, um “desejar ser levado pela corrente” ao estilo da Califórnia. Mas na verdade, a experiência de Flow compreende um papel ativo para a personalidade. Um violinista deve estar extremamente consciente de cada movimento de seus dedos, assim, como também do som que entra por seus ouvidos (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

#### 8) Distorção da experiência temporal

Uma das descrições mais frequentes da experiência de Flow expressa como o tempo parece não passar do modo em que normalmente acontece. A duração objetiva, externa, que medimos como referência aos acontecimentos exteriores como: noite e dia, a progressão ordenado dos relógios; se convertem em algo irrelevante, devido ao ritmo que a atividade nos propicia. Frequentemente as horas que transcorrem, parecem minutos. Em geral, a maior parte das pessoas diz que o tempo parece passar mais rápido. Porém, ocasionalmente, também acontece a ordem inversa: as bailarinas clássicas descrevem como um giro difícil, que dura menos de um segundo no tempo real, se prolonga subjetivamente e parece que demora vários minutos para realizar-se. A generalização mais fácil sobre este fenômeno é definir que durante a experiência de Flow o sentido do tempo guarda pouca relação com o passar do tempo medido convencionalmente pelos relógios.

Porém, aqui também existem exceções que confirmam a regra. Um excelente cirurgião cardíaco que sente um profundo prazer com o seu trabalho é conhecido por sua habilidade de dizer a hora enquanto está operando, com somente meio minuto de erro, sem consultar o relógio. Porém, neste caso, o tempo é um dos desafios do seu trabalho, uma vez que lhe

chamam para que realize somente uma pequena parte, porém muito difícil, da operação. E ele pode realizar várias operações ao mesmo tempo, de modo que tenha que ir de um paciente para outro, assegurando-se de não atrapalhar seus colegas enquanto eles se encarregam das fases preliminares.

Porém, a maioria das atividades de Flow não depende do tempo dos relógios, pois elas têm o seu próprio ritmo. Ainda assim, não está claro se esta dimensão de Flow é somente um epifenômeno<sup>4</sup> – um produto adicional da intensa concentração que requer a atividade que se está realizando – ou se é algo que contribui de maneira própria com a qualidade positiva da experiência. Embora pareça perder a conta do relógio, a distorção temporal não é um dos elementos principais da satisfação, mas a liberdade da tirania do tempo se soma a euforia que sentimos enquanto nos encontramos em um estado de completo envolvimento com o que fazemos (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

#### 9) Experiência autotélica

O elemento chave de uma experiência de Flow é a que tem um fim em si mesmo. Inclusive, se inicialmente a fazemos por outras razões, a atividade que nos ocupa se converte em algo intrinsecamente gratificante. Os cirurgiões dizem do seu trabalho: “gosto tanto dele, que o faria mesmo que não tivesse que fazê-lo”.

A palavra “autotélico” deriva das palavras gregas “auto”, que significa em si mesmo e “telos”, que significa finalidade. Refere-se a uma atividade que se contém em si mesma, que se realiza não pela esperança de algum benefício futuro, se não, simplesmente por que fazê-la é a recompensa em si.

A maioria das atividades que fazemos não são puramente autotélicas, nem puramente exotélicas (é como denominamos aquelas atividades executadas somente por razões externas), mas uma combinação de ambas. Normalmente, os cirurgiões realizam um grande período de aprendizagem precisamente por aspirações exotélicas: ajudar as pessoas, ganhar dinheiro, conseguir prestígio. Se forem afortunados, depois de um tempo, eles começam a se satisfazer com seu trabalho e a cirurgia passa a ser em grande parte autotélica. Da mesma forma, outros profissionais, adultos, jovens e crianças, necessitam de incentivos externos para dar os primeiros passos em uma atividade que requer uma difícil reestruturação de sua atenção. A maioria das atividades que causam prazer não é naturalmente realizada, não são fáceis ou simples, elas requerem um esforço inicial que é difícil de realizar. Porém, uma vez que a

---

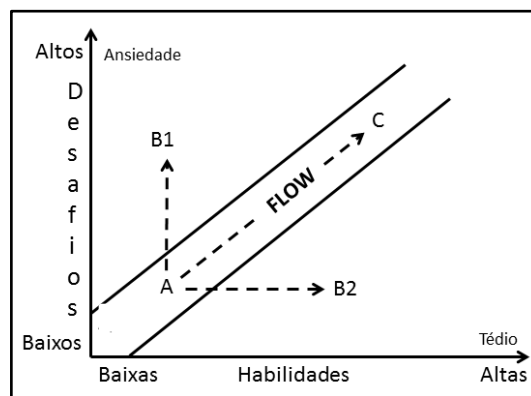
<sup>4</sup> Sintoma ou alteração que sobrevém depois de declarada a doença, e em virtude de uma evolução natural desta. (PRIBERAM, 2018)

interação começa a oferecer *feedback* das habilidades da pessoa, a atividade começa a ser intrinsecamente gratificante (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

#### 2.4.3 A dinâmica do estado de Flow

Quando está em estado de Flow, o indivíduo opera com sua capacidade total. Mas, o estado de Flow é um estado de equilíbrio dinâmico: depende do estabelecimento de um equilíbrio entre as capacidades de ação percebidas e as oportunidades de ação disponíveis. O equilíbrio é intrinsecamente frágil. As mudanças no estado subjetivo fornecem o *feedback* sobre a mudança de relacionamento do indivíduo com o ambiente. Vivenciar ansiedade ou tédio pressiona o indivíduo para ajustar o seu nível de habilidade e/ou desafio, a fim de escapar do estado aversivo e retornar ao estado de Flow. O equilíbrio no estado de *Flow* pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6: Modelo de três canais do estado de Flow.



Fonte: adaptado de Csikszentmihalyi (1992).

A dinâmica entre os desafios e as habilidades e o consequente alcance do estado de *Flow* pode ser exemplificado com um jogo de xadrez. Primeiramente, considera-se um jogador iniciante, Pedro, que joga contra outros iniciantes. Em termos de modelo de *Flow*, é aceitável acreditar que Pedro gosta de jogar xadrez porque os desafios e as habilidades estão equilibrados, assim a sua situação é representada pela posição “A” na Figura 6. Com o passar do tempo, se Pedro continuar jogando, um de três possíveis resultados provavelmente ocorra:

(1) tanto Pedro quanto seus oponentes aprendem novas habilidades como resultado da prática do jogo de xadrez – se isto acontecer, então Pedro irá se mover para a posição “C” na Figura 6, ele ainda estará em *Flow* quando joga;

(2) Pedro melhora, mas seus adversários não melhoram – neste caso, Pedro vai encontrar-se em “B2” na Figura 6, e tenderá a ficar entediado quando jogar. Se ele fica

entediado, ele vai querer parar de jogar xadrez ou procurar algum adversário mais habilidoso, melhorando suas habilidades e movendo-se de volta para *Flow*, na posição “C” na Figura 6;

(3) os adversários de Pedro melhoram muito mais rápido do que ele. Neste caso, ele irá em breve achar-se na posição “B1” na Figura 6. Neste ponto, Pedro não gosta do jogo porque ele sabe que vai perder e a experiência torna-se frustrante. Então, Pedro tem a opção de parar de jogar ou de retornar para o *Flow*, tanto por encontrar oponentes com menos habilidades, ou seja, de volta para a posição “A” da Figura 6 ou melhorando suas próprias habilidades até que elas correspondem às dos adversários, evoluindo para a posição “C” na Figura 8 (CSIKSZENTMIHALYI, 2014a).

Apesar de situações semelhantes ao exemplo descrito anteriormente poderem ser observadas com frequência, ela deixa um questionamento em relação à condição inicial de Pedro na Figura 6. A posição “A” pressupõe que Pedro possui um nível de habilidades, a atividade (jogar xadrez) apresenta um grau de desafio e os dois estão em equilíbrio para aquele momento. Ou seja, na posição “A”, Pedro inicia com a habilidade, por exemplo, igual a um e o desafio, por sua vez, também equivale a um, estabelecendo o primeiro ponto de equilíbrio, que proporciona a ocorrência do estado de *Flow* para o exemplo de Pedro.

Mas, antes desta posição, quais eram as medidas da habilidade e do desafio de Pedro? Qual a relação entre os níveis de habilidades e os graus de desafios primários de Pedro, para que ele alcance a posição “A” e conseqüentemente “C” no estado de *Flow*? Estes questionamentos não são respondidos diretamente e apresentam um vazio nos textos referenciados, porém indicativos podem ser encontrados em pesquisas mais recentes, como descritos na próxima seção.

#### 2.5.4 Estudos e aplicações de *Flow*

Esta seção apresenta trabalhos e pesquisas que tratam da presença de *Flow* em diversos contextos e situações, os fatores que propiciam seu surgimento, a forma como ele se manifesta e como os indivíduos relatam a experiência.

Inicialmente, tem-se o estudo de caso realizado por Vasiliou; Ioannou e Zaphiris (2014) que apresenta a relação entre a experiência de *Flow* e os ambientes de aprendizagem multimodais; através de um curso de Interação Humano Computador (IHC), no qual foram explorados os condicionadores da experiência de *Flow* e se buscou entender a utilidade desta experiência para a aprendizagem. As descobertas deste trabalho sugeriam que: embora a tecnologia não tenha iniciado a experiência de *Flow* dos alunos, a tecnologia mantinha o estado de *Flow* com sucesso; a multiplicidade de dispositivos não afetou a atenção e a

concentração dos grupos; e a projeção de imagens em um ponto focal e compartilhado fomentou as atividades de colaboração das equipes e tornando-as mais unidas.

O trabalho de Gallagher (2015) buscou promover as várias dimensões da criatividade através das características do Flow, entendendo que os problemas muitas vezes são únicos, suas características não são claras e suas soluções são desconhecidas. Para isto foi utilizado o exemplo das rãs touro e sua proliferação desenfreada na Ásia, como um elemento agressor do meio ambiente. Gallagher (2015) descobriu que a característica despertada pelo Flow que mais promove a criatividade é a atenção direta na definição do problema.

A aplicação da teoria do Flow, juntamente com métodos de aprendizagem ativos, buscando identificar se o Flow pode ser criado no ensino de uma disciplina do curso de engenharia de minas, e quais novas possibilidades surgem para auxiliar os alunos a partir de sua criação, é relatado por Jimenez e Andersson (2014). Como resultado, observou-se que os elevados níveis de concentração e a motivação intrínseca dos estudantes foram claramente alcançados, resultando assim na imersão dos alunos nas atividades. Jimenez e Andersson (2014) concluem que o uso da técnica “*fast-track-on-site project-delivery*” (FTOSPD) juntamente com a abordagem baseada em Flow podem ser usadas para melhorar a aprendizagem na educação em Engenharia.

Outra pesquisa que aborda atividades ao ar livre, interligando esporte, tecnologia e Flow é apresentada por Knaving et al. (2015), na qual são investigadas as necessidades dos corredores amadores avançados, de forma que se possa compreender o que acontece em todo o processo das corridas, a fim de projetar tecnologias direcionadas para a motivação do corredor. Este trabalho identificou o papel do Flow na corrida e os estudos realizados mostram que, enquanto a situação de estar “no estado de Flow” na corrida é de fato importante, muitos dos outros fatores da experiência da corrida não podem ser controlados quer pelo corredor, pelo apoiador<sup>5</sup> ou pela tecnologia. Esta constatação torna o objetivo do trabalho de Knaving et al. (2015) ainda mais importante: projetar tecnologias para situações em que o corredor “não está em Flow”, mas sim está chateado ou em dificuldades, e que os momentos “fora do estado de Flow” são aqueles em que os apoiadores são especialmente importantes e mais necessários.

Por outro lado, alguns estudos são conduzidos em ambientes fechados e com o auxílio do computador, tais como os que tratam de jogos de computador e de Flow. Um destes trabalhos é o de Chen e Sun (2016), que investiga a influência da auto regulação (*Self-*

---

<sup>5</sup> Apoiador: amigo(s) e/ou familiar(es) de um corredor que dão suporte para ele antes e durante a corrida.



*Regulation - SR*) do jogador para o alcance do estado de Flow em um jogo digital, utilizando os conceitos da *digital game-based learning* (DGBL<sup>6</sup>), combinada com *self-regulation* de Bandura (1986, 2001). Chen e Sun (2016) concluem que os jogadores com elevada auto regulação tinham adequados mecanismos de ajuste entre desafios e habilidades, enquanto os jogadores com baixa auto regulação pareciam ser menos capazes de fazer mudanças e adaptações nas situações de confronto entre desafios e habilidades; ainda, nem todos os jogadores sentiram prazer ou conseguiram uma aprendizagem eficaz quando jogaram os mesmos jogos, e os dados indicam que as habilidades de autojulgamento dos participantes do estudo, com base em experiências do jogo, afetam a motivação para continuar a jogar o *Music Flow*.

Também no domínio jogos, Su et al. (2016) investigam os fatores que facilitam aos usuários de jogos experimentar Flow e melhorar sua lealdade para com os jogos móveis e suas descobertas indicam que os jogadores estão interessados nos jogos móveis que são difíceis e desafiadores, além disso, interagir e discutir com outros jogadores permite que eles se tornem mais imersos no jogo; assim, há a identificação que a experiência de Flow exerce um efeito positivo sobre a lealdade do jogador, uma vez que quando os usuários do jogo experimentam um estado de Flow e tornam-se imersos no jogo, sua lealdade para com esse jogo aumenta.

Porém, alguns autores relatam que, em determinadas situações, como na investigação sobre se o gênero, a experiência ou a habilidade espacial afetam a intensidade da interação dos usuários em um mundo virtual 3D (YILMAZ et al., 2015) e na pesquisa sobre uma arquitetura pedagógica destinada ao ensino de competências de gestão através de simuladores de negócios para alunos do curso de Administração de Empresas (SCHLATTER, 2016), os usuários de um sistema que permite a comunicação *on-line*, preferem não utilizá-la, optando pela interação face a face ou somente utilizando-a quando o objetivo a ser alcançado envolve uma atividade exclusivamente *on-line*.

Uma proposta de conectar o Flow com a aprendizagem é apresentada por Challco et al. (2016), os quais propõem um *framework* para integrar o processo de crescimento do aluno com a Teoria de Flow. Este *framework* fornece suporte para o *design* instrucional de cenários de aprendizagem que levam e mantêm os alunos ao estado de Flow. Em relação à Teoria de Flow, Challco et al. (2016) partem do equilíbrio entre habilidades e desafios como

---

<sup>6</sup> A *digital game based learning* (DGBL) ou aprendizagem baseada em jogos digitais: trata principalmente da diversão, do envolvimento e da junção da aprendizagem séria (escola) ao entretenimento interativo (jogos) em um ambiente empolgante chamado jogos digitais para a aprendizagem. Destacando esses três pontos: a diversão, o envolvimento e a interatividade, entende-se que os jogos são uma ferramenta única de aprendizagem que difere de qualquer outra tecnologia (Prensky, 2012, p. 38).

desencadeador do estado de Flow e como forma de medir este equilíbrio utilizam o modelo de três canais (o Flow na diagonal central, tendo acima a ansiedade – desafio maior do que habilidade – e abaixo o tédio – habilidade maior do que o desafio), como pode ser visto na Figura 6.

Também no contexto do uso do computador, Su et al. (2016) identificam que diversão percebida, foco de atenção, interação humano computador, interação social, habilidade e desafio são os fatores para o estabelecimento da experiência Flow; que os jogadores estão interessados em jogos móveis que são difíceis e desafiadores; e interagir e discutir com outros jogadores permite que eles se tornem mais imersos no jogo, o que possivelmente explica que a experiência do Flow exerce um efeito positivo sobre a lealdade do jogador.

Como potencial para influenciar a aprendizagem, o estado de Flow é abordado na pesquisa de Brom et al. (2017), que estudaram como os materiais de ensino multimídia podem elevar os estados afetivos e motivacionais positivos dos alunos, a fim de melhorar a aprendizagem; para isto, foram avaliadas duas simulações: uma de fabricação de cerveja e outra de substrato de citrato, observou-se que o efeito positivo geral, a satisfação geral, o Flow e o envolvimento na aprendizagem foram maiores na condição de cerveja, mas no entanto, apenas o envolvimento na aprendizagem e o Flow indicaram influência positiva sobre o aprendizado imediato.

Já Rodríguez-Ardura e Meseguer-Artola (2017) procuram explicar por que alguns indivíduos entram mais profundamente em estado de Flow do que outros e quais os efeitos que o Flow exerce no contexto de um ambiente de educação virtual; então, analisando os questionários de dados comportamentais, evidenciaram três benefícios dos estados de Flow: (1) eles facilitam as emoções positivas do aluno, (2) aprimoram o desempenho acadêmico dos alunos e (3) contribuem para a continuação efetiva dos alunos no e-learning.

Maclaren; Tran e Chiappe (2017) avaliam o efeito da motivação e das ações dos alunos que apoiam a realização de tarefas escolares, relacionando-as com o desempenho alcançado, a vivacidade mental e os hábitos de estudo dos alunos de graduação. Maclaren; Tran e Chiappe (2017) sugerem que pessoas motivadas intrinsecamente procuram oportunidades para realizar ações que equilibram sua situação escolar e vivacidade mental; variando as atividades de estudo de acordo com suas intenções de desempenho e com os estados de vivacidade mental, sendo que estas ações foram relacionadas com as melhores experiências de Flow, ao contrário dos participantes que não possuem motivação intrínseca.

Ao examinar os efeitos do gênero, da experiência com videogame e do estado de Flow em índices de desempenho em combate em uma simulação de veículos militares, Plummer;

Schuster e Keebler (2017) descrevem que os participantes relataram seu estado de Flow e experiência com videogame, foram testados em sua capacidade de distinguir amigos de inimigos e identificar imagens e vídeos dos veículos empregados no treinamento; e que a análise das simulações e dos questionários sugere que as diferenças de gênero constatadas no estudo podem ser superadas pela experiência com videogame e com o estado de Flow, sugerindo que a seleção com base nessas diferenças individuais pode ser útil para as futuras simulações militares.

Considerando que um sistema efetivo de aprendizagem adaptativa teoricamente manteria os alunos em um estado permanente Flow, Gallego-Durán; Molina-Carmona; Llorens-Largo (2017) propõem uma nova definição de dificuldade para as atividades de aprendizagem e uma maneira de medi-la, onde a dificuldade depende do progresso dos alunos nas atividades ao longo do tempo; para justificar a expansão do conceito de dificuldade foi apresentado o sistema de aprendizagem PLMan, formado por uma aplicação web e um jogo para ensinar lógica computacional, no qual é aplicada a definição proposta.

O estudo do oferecimento de uma aula *anti-phishing* baseada em jogo, apresentado por Sun et al. (2017), explora os padrões de comportamento de aprendizagem e investiga os efeitos do estado de Flow neste padrões comportamentais de aprendizagem e na obtenção da aprendizagem em estudantes do ensino fundamental; sendo que os resultados mostraram que os materiais de aprendizagem utilizados podem permitir a experiência de Flow dos alunos e podem levar o aluno à aquisição de conhecimento *anti-phishing* através da repetição das lições de aprendizagem presentes no jogo.

## **2.6 Flow e Gamificação**

Sob a ótica da produção e do mercado da tecnologia, os cientistas da computação e os engenheiros de software trabalham com equipamentos e linguagem de programação no seu dia a dia, mas a quase totalidade do trabalho que eles fazem é direcionada para aos consumidores. Para fazer algo que será apreciado, divertido e prazeroso, a primeira coisa que qualquer desenvolvedor de tecnologia deve aprender é o que os usuários querem. Prova disso é o que Aristóteles escreveu há 2.300 anos: “acima de tudo, as pessoas buscam a felicidade pessoal e o prazer” (CHEN, 2007).

Uma forma pela qual uma pessoa pode ficar feliz é alcançando o estado de Flow, e os jogos são uma maneira de possibilitar o ingresso no estado de Flow. De acordo com Chen (2007), para fornecer uma experiência interativa divertida para a mais ampla variedade e

número de usuários, o projeto de um jogo (mais genericamente, de qualquer tecnologia), deve seguir uma metodologia de quatro etapas:

- (1) misturar e combinar os componentes do Flow;
- (2) manter a experiência dentro da zona de Flow do usuário;
- (3) oferecer opções de adaptação, permitindo que diferentes usuários possam aproveitar o Flow de sua própria maneira; e
- (4) incorporar opções dentro das atividades essenciais, de modo a assegurar que o Flow nunca seja interrompido.

Com um enfoque acadêmico, Diana et al. (2014) buscaram identificar qual a relação que pode ser encontrada entre as características da gamificação e os elementos da Teoria do Flow, através uma revisão sistemática de literatura e da utilização do *wiki* Gamification.org (naquele momento considerado referência no tema), buscando especificamente as propriedades atribuídas no *subwiki* “*Game Design*”, pelo fato do projeto de jogos apresentar como fundamento o processo de criação das regras e do conteúdo do jogo, passando pelo *design* e aplicação das mecânicas do jogo. A partir deste contexto, Diana et al. (2014) sintetizam as relações entre gamificação e Flow identificadas, as quais são descritas no Quadro 2.

Quadro 2: Propriedades e definições na relação entre Gamificação e Teoria do Flow

<b>Característica</b>	<b>Definição</b>
Altruísmo	Com grandes poderes, grandes responsabilidades são trazidas. Os jogos podem usados para fins positivos e negativos. Os especialistas devem levar em consideração a saúde de seus jogadores, bem como as maneiras de usar a gamificação para um bom desenvolvimento social.
Antecipação	A antecipação é um forte motivador psicológico e quando usada corretamente resulta em ânimo para o jogador e permite suportar mais tempo de jogo em um nível mais elevado de satisfação.
Auto expressão	A auto expressão, se feita corretamente leva a um sentimento de realização e de propriedade, que pode resultar em fidelidade
Campanha	Campanhas podem levar os jogadores a uma jornada. Em muitos jogos isso realmente acaba sendo apenas uma lista de tarefas, ordenadas ou não, para receber-se determinada recompensa.
Competição	A competição é a base para a maior parte do progresso e da evolução da humanidade. Com isso dito, os diferentes tipos de jogadores apresentam personalidades diferentes e sentimentos distintos sobre a concorrência e, por vezes, a competição exagerada pode fazer com que os jogadores evitem ou prejudiquem a cooperação.
Comunidade	A comunidade é fundamental para o sucesso em longo prazo, pois cria um vínculo forte entre os jogadores e dá vitalidade.
Conquistas	Conquistas são grandes recompensas a serem implementadas corretamente. Para os jogadores do tipo perfeccionista novas conquistas são criadas, desde que se sintam engajados.
Controle	O controle faz o jogador se sentir importante, seguro e, sobretudo livre.

Cooperação	A cooperação é fundamental para a construção de uma comunidade forte. É preciso utilizar características do jogo que permitam aos jogadores colaborar entre si.
Curiosidade	A curiosidade é uma das emoções humanas básicas que deve ser fortemente considerada no processo de design do jogo.
Curva de aumento de nível	Os níveis são um método importante no design do jogo para mostrar o progresso e status.
Curva de engajamento	Engajamento é um dos benefícios mais importantes da gamificação. Há duas possibilidades: esperar envolvimento ou conhecer os diferentes momentos da experiência e da vida do jogador.
Dados	Os dados estatísticos fornecidos durante a ação do jogo podem ser tão viciantes quanto o jogo em si.
Desafios	Desafio é fundamental para criar o jogo.
Descoberta	Por natureza, as pessoas adoram explorar, isto é, dar mais oportunidades em seu jogo para os jogadores descobrir algo novo.
Diversão	Todo mundo gosta de se divertir, alguns dizem que é a razão pela qual vivemos. Embora isso não seja sempre exigido na gamificação, a diversão é um aspecto crítico dos jogos e, portanto, deve ser uma das métricas para o sucesso.
Deslumbramento	É importante causar deslumbramento nos seus jogadores, levá-los a uma experiência e assegurar que é visualmente agradável. Beleza e encantamento mantêm o jogador engajado.
Equilíbrio	O equilíbrio é importante para que qualquer jogo garanta diversão, longevidade e esteja de acordo com o proposto.
Escolhas	Escolhas capacitam os usuários, fazem com que se sintam envolvidos e tenham propriedade sobre as suas escolhas.
Experiência do usuário	Experiência do usuário tornou-se uma forma de arte e, assim como com outras tecnologias, é muito importante para garantir que os jogadores tenham uma experiência agradável. Quando <i>gamifying</i> é um não jogo é preciso ter em mente a experiência do usuário original e como a gamificação afetará essa experiência de forma negativa ou positiva.
<i>Feedback</i>	O <i>feedback</i> é a sua comunicação com o jogador sobre o que eles devem fazer, o que eles fizeram. Sem informação adequada, o jogador pode se sentir perdido e desmotivado.
Globalidade	Conectando o real e o digital, o local e o global. Especialistas <i>gamify</i> devem levar em consideração seu público e audiência potencialmente inexplorados.
Habilidades	Habilidade é o núcleo de maior jogabilidade. Um “game” que não requer nenhuma habilidade se tornará eventualmente chato. Os jogadores gostam de sentir que eles dominaram o jogo. Alguns jogadores adoram oportunidade, enquanto outros desprezam e querem que tudo seja baseado fora de habilidade.
História	História é um dos aspectos mais importantes de <i>Game Design</i> para Jogos Tradicionais. Embora normalmente não seja tão importante em Gamificação, há oportunidades para ter elementos da história em uma experiência gamificada.
Imaginação	Procura-se estimular a imaginação do jogador, mas também os especialistas <i>gamify</i> serão capazes de usar sua imaginação para criar

	soluções criativas aos problemas.
Influência	Influência sobre as ações é um grande benefício da gamificação. Na maioria das vezes é preciso fazer isso de forma sutil e com cuidado para não ser muito agressivo com os jogadores. Dê-lhes metas e desafios que os obriguem a fazer algo que é importante ou recompensá-los com mais pontos para fazer algo que, naquele momento, é mais importante.
Instantaneidade	Vivemos na era do instantâneo. A tecnologia é uma poderosa ferramenta em seu arsenal de <i>design</i> do jogo.
Interações sociais	A interação social é importante para a construção de uma comunidade, para o aumento da vitalidade e estímulo à competição e colaboração.
Justiça	Imparcialidade é importante para a viabilidade em longo prazo do seu jogo. Se os jogadores percebem que as coisas não são justas, sentem-se enganados, levando a resultados negativos.
Longevidade	Criação de jogo com longevidade e apelo a longo prazo tem habilidade e persistência.
Metas	As metas são fundamentais para a jogabilidade. Os objetivos fornecem uma razão para jogar e a maneira de sentir progressão e realização.
Oportunidade	Loterias são populares por um motivo: todos amam o acaso, o desconhecido. Os baús de tesouro em jogos, como <i>World of Warcraft</i> , são um grande exemplo de oportunidade em vários níveis; pois o jogador tem uma chance de obter um tesouro ao matar um monstro, quando então haverá uma chance de obter um baú raro e, ao abri-lo, considerar a aleatoriedade do item que irá conseguir.
Progressão	Os jogadores querem que o nível seguinte seja recompensador e veja o quão longe eles irão.
Recompensas	Recompensas são fundamentais. Ter o direito de recompensas é a chave para ter certeza que os jogadores sintam qual o seu valor para suas ações. Tenha em mente que as recompensas não são necessariamente físicas. Atribuição de pontos, reconhecimento e status são as recompensas mais importantes.
Risco	Risco estimula os instintos e pode fazer as coisas parecerem mais emocionantes quando algo está na linha.
Status	Status é de imensa importância em gamificação. Ele separa “eles” de “nós” e dá aos jogadores fiéis um sentimento de pertencimento.
Surpresa	Surpresa parece simples, mas é muito importante. As pessoas gostam de ser surpreendidas com algo que não esperavam, e são conhecidas por terem um impacto emocional sobre o que lembram.
Tempo	O tempo é nosso amigo e inimigo, uma força inexorável e inevitável.
Tranquilidade (Zen)	Tranquilidade (Zen) ensina simplicidade e equilíbrio. Às vezes, para crescer é preciso subtrair.

Fonte: Diana et al. (2014)

Ainda, segundo Diana et al. (2014), a gamificação pode ser um modo de fazer com que as pessoas alcancem o estado de Flow. Então, para alcançar o Flow é necessário que o *design* da gamificação possa produzir maior foco e concentração, estimular a sensação de êxtase, permitir clareza e dar *feedback*, incitar o uso de habilidades, propiciar crescimento, provocar perda da sensação do tempo e assim, propiciar que a motivação intrínseca emergja. Assim,

Diana et al. (2014) questionam: “Quais seriam as propriedades da gamificação que podem atuar como estimulantes para tal? Quais paralelos podem ser traçados entre as duas teorias?”. Como respostas, foi redigido o Quadro 3, que mostra tais associações: para cada característica do Flow, buscaram-se as propriedades mais próximas da gamificação.

Quadro 3: Propriedades da Gamificação para atingir as características do Flow.

<b>Característica do Flow</b>	<b>Propriedades da Gamificação</b>
Foco / Concentração	Antecipação, comunidade, curiosidade, curva de engajamento, desafios, deslumbramento, diversão, justiça, metas e oportunidade.
Êxtase	Antecipação, conquistas, deslumbramento, diversão, globalidade, interações sociais, justiça, risco, surpresa e tranquilidade (zen).
Clareza/ <i>Feedback</i>	Antecipação, controle, dados, escolhas, feedback, história, metas e tempo.
Habilidades	Campanha, desafios, equilíbrio, escolhas, habilidade, justiça e metas.
Crescimento	Competição, curva de aumento de nível, curva de engajamento, imaginação, influência, progressão e recompensas.
Perda da sensação de tempo	Curva de engajamento, diversão, deslumbramento, equilíbrio, experiência do usuário, globalidade, história, interações sociais e justiça.
Motivação intrínseca	Antecipação, auto expressão, conquistas, curiosidade, curva de aumento de nível, descobertas, diversão, justiça, longevidade, metas, oportunidade, recompensas e status.

Fonte: Diana et al. (2014)

Com base no Quadro 2, Diana et al. (2014) constatam que pode-se atingir o foco e a concentração no que se faz através das propriedades de antecipação, comunidade, curiosidade, curva de engajamento, desafios, deslumbramento, diversão, justiça, metas e oportunidade, sensações experimentadas pelo usuário ao envolver-se com o jogo. Assim, quanto mais imerso aluno o usuário, maior será seu engajamento em permanecer na atividade.

Diana et al. (2014) destacam que a relação da gamificação com o Flow mostra que nos jogos, ou em outras dinâmicas, em que habilidades e desafios estão equilibrados, a sensação de plenitude, de bem estar, de sentir-se no estado de Flow estão presentes; e que o estudo mapeou elementos como o deslumbramento, a diversão, o controle (antecipação), as metas, o equilíbrio (justiça), as oportunidades e a curiosidade como sendo imprescindíveis ao sujeito durante o planejamento e execução de uma atividade. Eles fazem com que as pessoas inseridas nessas dinâmicas sintam-se desafiadas o suficiente para que fiquem estimulados, no estado de Flow e no controle da situação ao se envolverem com a tarefa.

Com um enfoque empresarial, Machado et al. (2015) apresentam um trabalho que tem como objetivo compreender como a experiência prática de gamificação, proposta como estratégia de capacitação de colaboradores para estimular o conhecimento em soluções de

*cloud computing*, em uma empresa da área de tecnologia da informação da região Sul do Brasil, pode contribuir para possibilitar o estado de Flow. A conclusão de Machado et al. (2015) é que os colaboradores ao vivenciar, experimentar e executar as atividades propostas nesta estratégia de capacitação puderam usufruir das possibilidades oferecidas pela gamificação e potencializar o estados de Flow, uma vez que dentre as principais evidências do estado de Flow destacaram-se o estabelecimento de metas claras, concentração e imersão do participante no desenvolvimento das tarefas, sentimento de controle de consciência e de atitudes, feedbacks e equilíbrio entre as habilidades do sujeito e os desafios da atividade proposta. Além disso, os relatos revelam a experiência autotélica dos participantes em que se percebeu que a experiência de satisfação desejada do sujeito ocorre em todo o processo da atividade e não apenas em resultados parciais ou isolados.

A investigação do impacto do Flow, do engajamento e da imersão na aprendizagem em ambientes de aprendizagem baseados em jogos é abordado por Hamari et al. (2016), os quais analisam os dados gerados pelos jogadores de dois jogos de aprendizagem propostos: o Quantum Spectre e o Spumone; sugerindo que os videogames educacionais podem efetivamente engajar os alunos em uma atividade de aprendizagem, como constatado pelo aumento dos níveis de engajamento (concentração, interesse e prazer) e que isso pode ser ativado pelo aumento dos níveis de desafios e habilidades durante o jogo. Também, os resultados mostraram especificamente que o engajamento no jogo teve um efeito positivo na aprendizagem; que a imersão no jogo, por outro lado, não teve um efeito significativo; e que o desafio percebido no jogo afetou a aprendizagem, tanto diretamente quanto através do aumento do engajamento.

Um framework teórico de gamificação para cursos de aprendizagem da programação online à distância é proposto por Piteira e Costa (2017), como meio de identificar quais os elementos/características de gamificação que são utilizados em contexto educacional e quais os que são utilizados especificamente na aprendizagem da programação online. Este framework teórico incorpora as dimensões revistas na literatura: (a) público-alvo; (b) objetivos gerais; objetivos específicos e tópicos; (c) conteúdos; (d) princípios de desenho educacional; (e) mecânicas de jogo; (f) absorção cognitiva; (g) Flow; e (h) personalidade. Assim, a partir da revisão da literatura referente à aprendizagem de programação e suas dificuldades, foi integrado no framework à dimensão dificuldade percebida, objetivando que em função da dificuldade percebida para determinado tópico sejam consideradas estratégias educacionais gamificadas, que aumentem o envolvimento do aluno na aprendizagem.



A reabilitação de pacientes com problemas físicos, através de um jogo, como uma maneira eficiente de melhorar a motivação e a frequência dos exercícios físicos é apresentada por Korn e Tietz (2017); e apontando que os resultados indicam que os mecanismos de gamificação simples ajudam a apoiar a motivação, no entanto, eles não podem compensar fortes motivações internas como o medo da dor, a evasão do tédio ou a preguiça humana. Ainda, que embora as soluções gamificadas mais imersivas para a reabilitação física possam aumentar a motivação ainda mais, as descobertas qualitativas mostram que isso pode ser uma mudança na direção errada: se a imersão (a distração na visão de um terapeuta) é muito forte, os sinais de dor podem não ser reconhecidos pelo usuário e o exercício pode até levar a danos adicionais e lesões.

Tomando por base os aspectos teóricos e os estudos relacionados aos mundos virtuais, aos laboratórios educacionais virtuais, a aprendizagem experiencial de Kolb, a gamificação e ao estado de Flow descritos anteriormente, o próximo capítulo descreve alguns trabalhos que estão relacionados com esta tese.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo descreve alguns trabalhos relacionados ao tema desta tese. Inicialmente são relatadas pesquisas disponibilizadas em artigos de periódicos, congressos e eventos da área, de material disponibilizado nas páginas de grupos de pesquisa e de pesquisadores que apresentam resultados recentes e relevantes no domínio do tema proposto.

Por fim, são estudados três projetos que utilizam os mundos virtuais com objetivos educacionais. Cada um deles possui características próprias, derivadas dos objetivos de sua construção e foco da pesquisa para quais foram desenvolvidos. O primeiro projeto analisado foi o Techland, procedente do Instituto Comprensivo San Cesario (SAN CESARIO, 2016); o segundo projeto examinado foi SciEthics Interactive, resultado da parceria entre quatro universidade norte-americanas; e por fim, o terceiro o projeto observado foi o EcoMUVE, desenvolvido pela Harvard University (HARVARD, 2016).

Primeiramente, o conjunto de ferramentas, métodos e abordagens para a pesquisa de projetos educacionais no Second Life (mas também aplicável a outros mundos virtuais, tal como o OpenSim) é apresentado por Moschini (2010), a qual considera que o processo de concepção de projetos de pesquisa no Second Life (e também no OpenSim), segue o mesmo ciclo de qualquer outro projeto de pesquisa acadêmica: o pesquisador define metas e objetivos, identifica o referencial teórico relevante, seleciona os métodos apropriados, coleta e analisa os dados e divulga resultados.

A escolha da atividade a ser investigada passa pela definição do seu tipo: (i) aquisição de habilidades práticas; (ii) colaboração, trabalho em grupo e aprendizagem à distância; (iii) construção de comunidades; (iv) investigação, descoberta e discussão; (v) simulação e resolução de problemas; (vi) motivação; (vii) criação de ambientes interativos de aprendizagem. Uma vez escolhido o tipo da atividade, uma teoria educacional é necessária para dar suporte a esta atividade; e dentre as teorias educacionais descritas, a aprendizagem experiencial de Kolb é citada como um marco teórico útil para aplicação nos mundos virtuais, uma vez que a aprendizagem é um processo onde o conhecimento é criado pela transformação da experiência.

Uma atividade baseada na aprendizagem experiencial em um ambiente virtual, é focada na experiência dos avatares dos alunos em um mundo tridimensional, e os mundos virtuais como o Second Life e o OpenSim oferecem um excelente ambiente para a criação de

experiências de aprendizagem, as quais permitem os estudantes praticar, testar e repetir determinadas situações, dilemas e desafios relacionados com os seus estudos. Os alunos também têm a oportunidade única de observar a si mesmos e aos outros em ação, a partir de uma visão em primeira pessoa, bem como a partir de uma visão em terceira pessoa; e ainda podem trocar mensagens com os outros participantes e com os professores através das diversas ferramentas de comunicação disponíveis.

Os conhecimentos e habilidades obtidas através dessas experiências virtuais podem ser traduzidos para situações do mundo físico e para novos cenários educacionais. Neste sentido, Konak; Clark e Nasereddin (2014) propõem Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb como embasamento para projetar atividades práticas em laboratórios virtuais de computação, argumentando que as atividades práticas concebidas com base neste modelo educacional melhoram os resultados de aprendizagem dos estudantes no domínio da segurança da informação.

Konak; Clark e Nasereddin (2014) conduziram a análise de 5 fatores que afetam a aprendizagem e os resultados dos alunos na realização de atividades práticas nos laboratórios virtuais de computação: *Interaction, Engagement, Challenge, Competency, Interest* (interação, engajamento, desafio, competência e interesse, em tradução livre). Estes autores observaram que o grupo de estudantes que realizou as atividades práticas no laboratório baseado no Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb apresentou níveis mais elevados de desenvolvimento de competências e aumentou o seu interesse pelas atividades em relação aos estudantes que realizaram a versão de controle. Os resultados obtidos sugerem que as atitudes dos alunos em relação à promoção das novas competências introduzidas por uma nova atividade prática foram influenciadas pelas percepções de quanto eles tinham realmente aprendido com a realização da atividade, observando-se, assim, que o Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb representa o processo através do qual os alunos contextualizaram as suas experiências durante uma atividade prática no laboratório virtual de computação.

Os processos de aprendizagem experiencial para os alunos de enfermagem, através da utilização de um jogo online de simulação 3D é relatado por Koivisto et al. (2015), sendo que *software* foi desenvolvido baseado no ambiente de uma sala física e foi solicitado aos estudantes que descrevessem como eles apreendiam enquanto jogavam, quais as características do jogo que suportavam a aprendizagem e quais características poderiam influenciar a aprendizagem estavam ausentes. Depois de duas sessões, os alunos foram entrevistados e a análise destas revelou que durante a experiência concreta, os alunos estavam focados no paciente e que três características do jogo apoiaram as experiências relacionadas

com o paciente: autenticidade audiovisual, autenticidade dos cenários dos pacientes e interatividade.

Ainda, que na reflexão dos estudantes, três diferentes temas foram identificados: observação do paciente, *feedback* durante o jogo e *feedback* após o jogo. Os alunos efetuaram a conceitualização abstrata, uma vez que aplicaram a teoria da enfermagem e internalizaram os procedimentos efetuados na simulação. Por fim, os alunos vivenciaram a experimentação ativa através da exploração e tomada de decisão, o que permitia o erro, a repetição e a melhoria da decisão. As descobertas deste trabalho mostram que o Ciclo de Aprendizagem Experiencial de Kolb pode ser útil se aplicado em estudantes de enfermagem durante o jogo de simulação 3D, uma vez que os estudantes passam pelo ciclo de aprendizagem experiencial várias vezes enquanto estão executando uma fase de cuidado com o paciente no jogo; e ainda que a simulação baseada em jogo possua bom potencial como um método de aprendizagem, porém, devem ser capazes de replicar a realidade clínica (Koivisto et al., 2015).

Já Le et al. (2016), apresentam um estudo sobre uma plataforma de mundos virtuais 3D online, a qual permite que os alunos participem da aprendizagem de defeitos na construção civil em um ambiente no qual eles interpretam papéis dos personagens da construção de um prédio, utilizando a aprendizagem dialógica e interação social para a solução dos problemas apresentados. Dois defeitos foram selecionados como alvo para ensino de defeitos na construção civil: (a) a infiltração de água nas janelas das paredes de vidro (*courtain wall*) e (b) problemas hidráulicos. O mundo virtual compreende três módulos:

(1) *Construction Defect Learning Module* (módulo de aprendizagem de defeito na construção), o qual oferece aulas baseadas em informação de qualidade, visando ensinar os alunos sobre os defeitos comuns na edificação civil e seus métodos de prevenção;

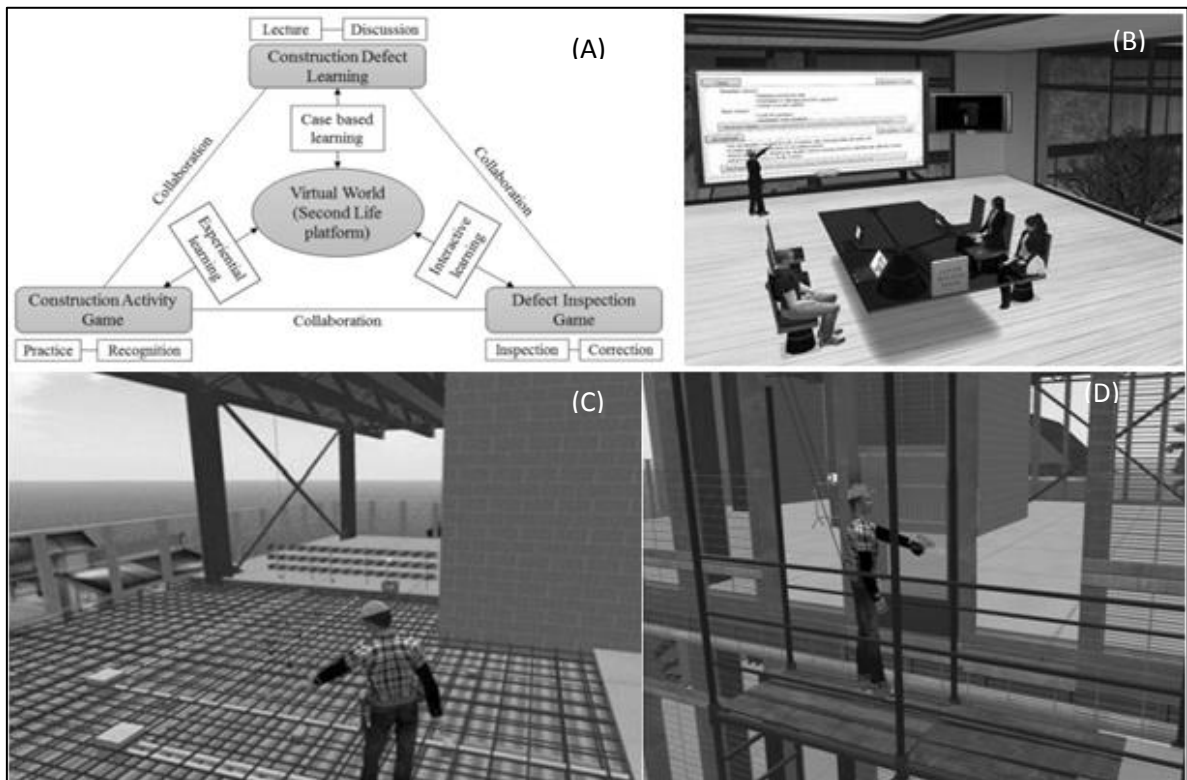
(2) *Defect Inspection Game Module* (jogo de inspeção de defeito), onde os alunos identificam e corrigem os defeitos em uma construção virtual; e

(3) *Construction Activity Game Module* (jogo de construção de atividades), que permite que os alunos se envolvam nas atividades da construção dentro do ambiente virtual e reconheçam as ações que podem levar aos defeitos de construção.

Como benefícios deste estudo, Le et al. (2016) citam que os mundos virtuais podem aumentar a qualidade da educação, a habilidade dos alunos na identificação de defeitos e de riscos de cognição dos trabalhadores, concluindo que os mundos virtuais tem um grande potencial na promoção de ensino e aprendizagem e no incremento da motivação e engajamento do aluno para o aprendizado sobre os defeitos na construção tanto quanto na melhoria da competência de controle de qualidade do aluno. A Figura 7 apresenta no detalhe

A, o diagrama conceitual da construção do mundo virtual a partir da aprendizagem interativa e aprendizagem experiencial; no detalhe B, é vista a aula sobre defeitos e qualidade na construção; os detalhes C e D ilustram a inspeção do defeito hidráulico e defeito de infiltração, respectivamente.

Figura 7: Mundo virtual para educação sobre defeitos na construção civil.



Fonte: Le et al. (2016).

### 3.1 Techland

O mundo virtual Techland faz parte do projeto Virtual Science, o qual nasceu do desejo de compartilhar as experiências de ensino realizadas no Instituto Comprensivo San Cesario com outros professores, em especial, na aplicação de novas tecnologias no ensino, educação virtual e *e-learning*. O projeto baseou-se na construção de mundos virtuais 3D para fins educacionais, por meio do software OpenSim. Através do OpenSim, foi criado o mundo virtual Techland, com a intenção de promover o estudo da ciência através do estímulo da curiosidade. O Techland foi instalado em um servidor de mundos virtuais e possui um grupo de ilhas temáticas com fins educativos (onde cada ilha é um mundo virtual), dedicadas à matemática, química, biologia e ciências (VIRTUAL SCIENCE, 2011).

Adicionalmente, Occhioni (2013) destaca os diferentes contextos de aprendizagem e graus de interatividade presentes nestas ilhas (mundos virtuais) e sua utilidade para o ensino

de ciências aos estudantes. Em relação aos objetivos educacionais, Virtual Science (2011), descreve que as ilhas conectadas ao mundo virtual Techland tem a finalidade de:

- (1) simplificar a aprendizagem de geometria e torná-la divertida, sem abandonar a precisão científica;
- (2) usar a abordagem lúdica para o ensino de ciências;
- (3) reduzir a distância entre a escola e os alunos usando as mesmas tecnologias que eles usam todos os dias, para que os conteúdos propostos sejam aprendidos de forma mais eficaz;
- (4) desenvolver o ensino de “imersão total”;
- (5) mudar o conceito de “sala de aula” como o único ambiente de aprendizagem;
- (6) promover a cooperação em atividades de longa distância;
- (7) incentivar à formação individualizada e personalizada e, ao mesmo tempo, orientar os alunos para o uso adequado da internet e de tudo que é virtual.

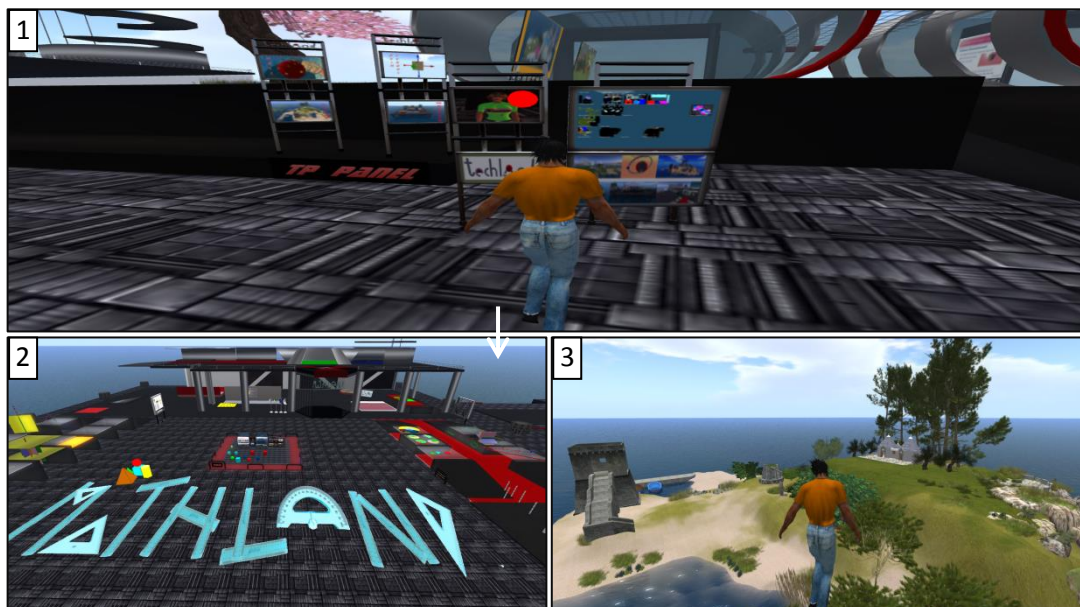
Desta forma, Techland é composto pelas seguintes ilhas (VIRTUAL SCIENCE, 2011):

- Techland – ilha principal e ponto de recepção dos alunos contém material informativo e de orientação para novos alunos, explicações sobre os diversos simuladores acessíveis através de hiperlink ou tele transporte;
- Mathland – considerada a cidade da matemática, esta ilha apresenta a geometria de sólidos aos visitantes;
- Chemland – dispõem de simuladores dedicados à química, apresentam modelos atômicos, reações químicas e elementos e compostos;
- Bioland – apresenta a reconstrução de ambientes naturais e a biologia celular;
- Earthland – propõe o estudo das disciplinas da Terra (as camadas da atmosfera, o ciclo da água, etc...);
- Powerland – ilha com o propósito do estudo dos recursos renováveis de energia;
- Statland – objetiva a promoção da cultura estatística através das fases da pesquisa estatística (planejamento, coleta, processamento, representação);
- Idealcity – esta ilha possibilita a reconstrução do centro histórico de Muro Leccese;
- Underworld – o mundo subaquático é o tema desta ilha;
- TechStore – disponibiliza objetos e texturas para criação de mundos virtuais;
- TechSandbox – área para testes de objetos para construção de mundos virtuais.

Segundo Virtual Science (2011), o acesso ao Techland é possível através de dois servidores de mundos virtuais (também chamados de *grids* ou *hypergrids*): Craft World

(CRAFT-WORLD, 2015) e OSgrid (OSGRID, 2013). A Figura 8 apresenta as interfaces destas ilhas.

Figura 8: Mundos virtuais Techland (1), Mathland (2) e Bioland (3).



Fonte: Virtual Science (2011).

Como conclusão deste trabalho relacionado, o autor desta tese percebeu que Techland é um ambiente bem projetado e construído, com objetos educacionais bem articulados, com funcionamento estável, que reagem de forma natural e como esperado as interações com o usuário no local do ambiente onde estão inseridos; de forma que este tipo de objeto se apresenta como um elemento catalizador de engajamento para aluno. Também foi constatada a imediata execução dos *scripts* embutidos nos objetos, porém, como não se conhecem os detalhes do projeto, não foi possível identificar se eles estão “reagindo” corretamente ao aluno. Outro aspecto que limita o entendimento do ambiente, para o pesquisador, é que os objetos não permitem sua edição e visualização do código; mas o motivo para o bloqueio é compreensível: uma vez que o ambiente é de acesso público, a edição dos objetos pelo usuário poderia levar à paralisação e mau funcionamento do ambiente. De uma forma geral, o Techland é um ambiente com qualidade espacial, gráfica e de programação, apresenta uma proposta de aprendizagem de matemática com objetos educacionais visualmente atraentes, porém, não há orientação para o uso dos mesmos, bem como a contextualização para os conceitos propostos.

Um aspecto que cabe destacar, é que o aluno não recebe informações sobre os conceitos envolvidos nos experimentos, como realizar os experimentos e se o experimento foi executado corretamente. Ainda, o nível de conhecimento do aluno em relação aos conceitos relacionados com aquela experiência não é verificado antes da utilização dos experimentos,

bem como depois dela não são verificados os ganhos de aprendizagem. Estas carências produzem o efeito contrário àquele que esta tese busca: promover condições para que o engajamento do aluno seja suficientemente profundo, que possa propiciar o surgimento do estado de Flow neste aluno.

### **3.2 SciEthics Interactive**

Conforme SciEthics (2016), o projeto SciEthics Interactive é uma parceria entre a West Chester University e a Cheyney University of Pennsylvania, com a participação de pesquisadores da Iowa State University e da Princeton University, contando com financiamento da agência federal norte-americana National Science Foundation (NSF, 2016) e da empresa Hewlett Packard - HP (HPE, 2016).

O projeto SciEthics Interactive foi criado a partir da constatação de que a literatura está repleta de exemplos da desatenção dos cientistas para com as questões éticas, e que tanto os cientistas quanto outras pessoas do meio acadêmico pensam que a ética é algo que está fora da sua realidade e de suas preocupações. Ainda, que os cursos de ensino superior muitas vezes não discutem as questões éticas como um todo e algumas nem o fazem. Assim, o SciEthics Interactive tem como foco proporcionar a educação ética para os cientistas, utilizando o poder até então inexplorado de tecnologias interativas, como os mundos virtuais (SCIETHICS, 2016).

A equipe responsável pelo projeto defende que as ações práticas, a pró-atividade e a natureza excitante de mundos virtuais são especialmente adequadas para maximizar a eficácia da educação ética, aumentando o engajamento ético dos alunos e professores. Para alcançar este intento, são destacadas as quatro principais características da formação ética indicada para os pesquisadores, as quais são aplicadas no mundo virtual:

(1) a formação voltada especificamente ao contexto (ou disciplina) objetivando aumentar a eficácia da formação;

(2) os módulos desenvolvidos enfatizam o contexto ético da pesquisa;

(3) a natureza pró ativa dos mundos virtuais se correlaciona bem com maioria das condições de sucesso de incremento da consciência ética;

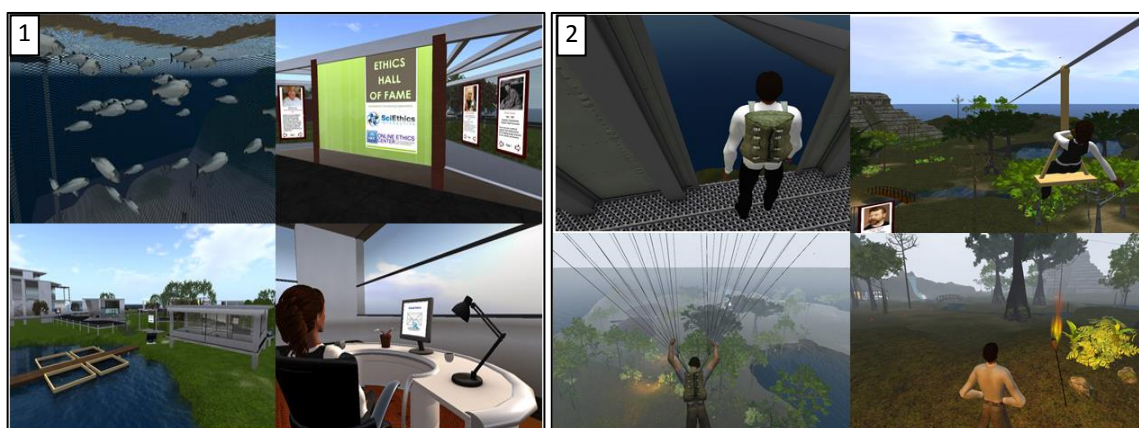
(4) devido ao fato de que as pessoas com posições de liderança, como os líderes de pesquisa, professores e responsáveis pelos laboratórios, terem maior impacto sobre o desenvolvimento do comportamento ético em subordinados; os mundos virtuais são capazes de incentivar simulações dessas interações hierárquicas, aumentando a probabilidade do sucesso da formação ética (SCIETHICS, 2016).



O projeto SciEthics Interactive é composto por duas simulações: a TransGen Island e a Rainforest Research. A primeira simulação, a TransGen Island, foi direcionada para as questões científicas e morais da modificação genética, usando como tema o salmão transgênico. Dentro do ambiente virtual, os alunos devem coletar e analisar dados, produzindo um relatório ao final da atividade. Durante o processo, eles lidam com questões éticas na integridade dos dados, no impacto ambiental e no bem-estar animal.

Já a segunda simulação, a Rainforest Research, está focada na preservação de um habitat de floresta tropical. Os estudantes analisam árvores para verificar o armazenamento de carbono, exploram a ilha coletando dados sobre as condições ambientais e produzem um relatório ao final do levantamento. Assim, os estudantes vivenciam uma variedade de questões relacionadas aos aspectos ambientais, populacionais e as preocupações financeiras envolvidas com este habitat tropical (SCIETHICS, 2016). A Figura 9 apresenta o projeto SciEthics Interactive, o detalhe 1 mostra a simulação TransGen e o detalhe 2 a simulação Rainforest.

Figura 9: Projeto SciEthics Interactive: TransGen Island (1) e Rainforest Research (2).



Fonte: SciEthics (2016).

Para Nadolny et al. (2013) o objetivo do projeto SciEthics é responder às preocupações de que para os novos pesquisadores não são ensinadas as interconexões entre a responsabilidade moral e a realização de pesquisas; assim, o uso de um mundo virtual para educação em ética e educação em ciência no nível de graduação é um uso singular da plataforma virtual. Na TransGen Island, os alunos preenchem um questionário sobre suas percepções das atividades realizadas e da aprendizagem decorrente delas, antes de sair do mundo virtual. A atividade na ilha termina com a apresentação de um relatório final do aluno para o instrutor do curso, o qual é escrito a partir da perspectiva do papel atribuído ao aluno nesta ilha. Os alunos são convidados a fornecer evidência sobre a sua recomendação sobre se o produto “salmão transgênico” deve ser aprovado para consumo humano.

Por sua vez, ao acessar a ilha de Rainforest Research, pode-se dirigir à área de orientação, onde são obtidas as informações sobre a ilha e a sequência de atividades de exploração e coleta de dados. Iniciando a exploração o aluno será levado ao prédio da dendrologia<sup>7</sup>, o qual possui uma sala equipada com enciclopédias sobre as plantas e árvores que devem ser monitorados e que guiam o aluno em relação à quantidade, estado atual da espécie, entre outros (NADOLNY et al., 2013).

Como conclusão deste trabalho relacionado, o autor percebeu que, as duas ilhas apresentam produção gráfica de qualidade e objetos com programação *script* bem estruturada e sincronizada com a movimentação do aluno. Mas, da mesma forma que no Techland, o aluno fica sozinho nos ambientes, sem nem mesmo um NPC para orientações e presença, mesmo que passiva.

Em ambas as ilhas percebe-se um melhor senso de engajamento, pois ao acessar as ilhas o aluno recebe informações sobre o seu objetivo e como ele deve proceder. Verificações de seu conhecimento estão disponíveis em ambos os mundos através de objetos na forma de questionários ou de caixa de diálogo do próprio ambiente. O autor percebeu que na TransGen Island existem mais elementos relacionados aos conceitos abordados e a consequente verificação de conhecimento do aluno, mas o ambiente e as atividades não são tão envolventes quanto as da Rainforest Research.

A Rainforest Research também oferece embasamento para os conceitos envolvidos, mas a verificação dos conhecimentos não é tão explícita quanto na TransGen Island, pois é necessário retornar ao prédio central para “descarregar” as informações coletas e consequentemente “caixas de diálogo” executadas por objetos 3D fazem questionamentos referentes a atividade. Por ser um ambiente que apresenta mais desafios e que induz o aluno à uma maior movimentação, o autor se sentiu mais engajado nesta ilha.

Por fim, ambas as ilhas dispõem de recursos que permitem a verificação do conhecimento do aluno e propiciam o engajamento. Por sua vez, o engajamento é prejudicado por falhas no próprio mundo ou de questões de comunicação, como pro exemplo, a impossibilidade de acessar um vídeo por que o link estava quebrado ou um objeto acessa uma porta bloqueada pelo *firewall* da universidade.

---

<sup>7</sup> Dendrologia: Estudo ou tratado descritivo das árvores. = DENDROGRAFIA. (Priberam, 2018)

### 3.3 EcoMUVE

Segundo Harvard (2016), EcoMUVE é um programa de estudos que foi desenvolvido na *Harvard Graduate School of Education* e usa ambientes virtuais imersivos para ensinar os alunos de ensino médio sobre os ecossistemas e os padrões causais.

O objetivo do projeto EcoMUVE é ajudar os alunos a desenvolver uma compreensão mais profunda dos ecossistemas e dos padrões causais através de um programa de estudos que utiliza os *Multi-User Virtual Environments* - MUVES (Ambientes Virtuais Multiusuário). Os MUVES são mundos virtuais 3D que têm uma aparência semelhante à de videogames. Eles são acessados através de computadores e, no caso do EcoMUVE, são recriadas as composições ecológicas autênticas, baseadas no lago Black's Nook, dentro das quais os alunos podem explorar e colher informações (HARVARD, 2016).

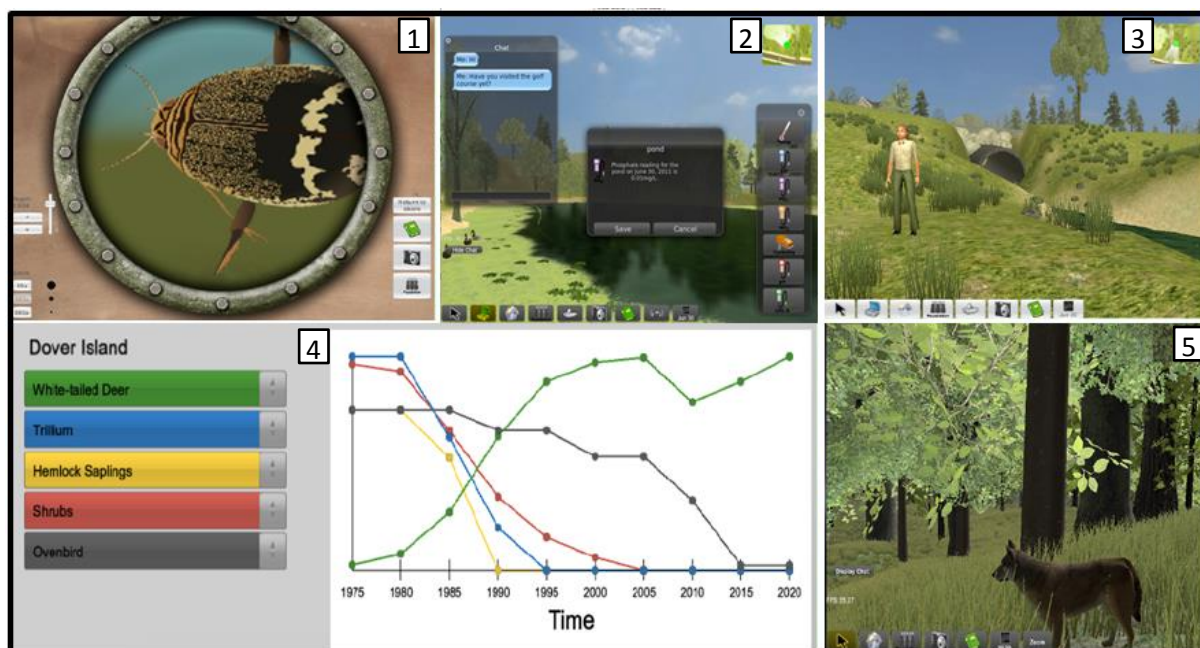
Os alunos trabalham individualmente em seus computadores e colaboram em equipes dentro do mundo virtual. A interface imersiva permite que os alunos aprendam ciência através da exploração e resolução de problemas em ambientes realistas. O EcoMUVE é composto por dois módulos: Pond (lago) e Forest (floresta); onde cada módulo corresponde a duas semanas de atividades de estudo baseadas em investigações dos ecossistemas construído em torno de um ecossistema virtual (HARVARD, 2016).

O primeiro módulo, o EcoMUVE Pond, foi projetado para permitir que os alunos explorem o lago e a área circundante, mesmo caminhando embaixo da água, e vejam os diferentes organismos em seus habitats naturais. Os alunos utilizam um micro submarino para submergir mais profundamente no lago e através do zoom, ver os organismos microscópicos dentro do lago. Eles podem aprender sobre os organismos que eles encontram em um guia de campo (livro com informações sobre as espécies), e podem construir a teia alimentar destes organismos.

O segundo módulo, o EcoMUVE Forest, foi modelado em um ecossistema de uma floresta. Ao explorar as plantas e animais que vivem no ecossistema da floresta, os alunos aprendem sobre os níveis individuais, da comunidade e da população nos ecossistemas. Os estudantes trabalham em equipes para visitar duas ilhas de floresta ao longo de um período de cinquenta anos, verificando como a população e a estrutura da floresta mudou em cada ilha ao longo do tempo. Ambas as ilhas incluem populações de veados, mas somente uma tem uma população de lobos, levando a efeitos muito diferentes. Uma ilha tem muita vegetação, é rica em diversidade de insetos e tem muitos pássaros. A segunda ilha tem pouca vegetação e parece não ter muitos dos organismos que dependem da subcamada abaixo da vegetação como habitat (HARVARD, 2016).

A Figura 10 apresenta alguns dos elementos do EcoMUVE: (1) zoom no micro submarino quando submerso no lago, (2) registro dos valores das variáveis na coleta do ecossistema do lago, (3) NPC, esgoto e caminho para a vila próxima ao lago, (4) estatísticas relacionadas as populações da floresta de uma das ilhas durante as décadas, (5) floresta na ilha dos lobos. Em seguida, o Quadro 4 demonstra algumas situações e elementos presentes no projeto EcoMUVE.

Figura 10: Elementos do EcoMUVE Pond e Forest.



Fonte: Harvard (2016).

Como conclusão deste trabalho relacionado, o autor percebeu que, tanto o lago quanto a floresta foram detalhadamente construídos e apresentam uma estrutura sólida e direcionada para cada um dos temas. Ao acessar os ambientes virtuais, percebem-se pontos positivos, tais como: o botão para verificação da população; a enciclopédia, para verificação das características das espécies; a máquina fotográfica para o registro de dados imagéticos; o botão de “encolher”, que permite ver os seres a nível microscópico. Porém, como aspecto negativo, os NPC’s são estáticos, ficando limitados à transmitir a informação referente ao contexto do ambiente virtual, além de que estas informações são repetidas em conteúdo e formato.

As orientações iniciais fornecidas para o aluno são suficientes para a realização das tarefas e a coleta dos dados. Durante a movimentação do aluno pelo EcoMUVE é possível receber informações sobre os elementos do ambiente e sobre as atividades executadas. Uma vez que o “tempo vai passando” em ambos os ambientes e eles vão se modificando, a

disponibilidade destas informações deixa o aluno mais seguro em relação à realização das atividades e ao seu desempenho.

No site do EcoMUVE são disponibilizados materiais de apoio, tal como o manual do usuário, o guia do professor e apresentações do PowerPoint. Também estão disponíveis questionários de avaliação pós-experiência, que podem ser usados para a verificação de ganho de conhecimento do aluno com a utilização da EcoMUVE. Neste ponto percebe-se que a utilização do EcoMUVE deve estar inserida dentro do planejamento pedagógico do professor, contando com uma preparação anterior, acompanhamento durante o uso, seguida da avaliação pós experiência. Esta inserção curricular não é explicitamente percebida nos trabalhos anteriores da Techland e da SciEthics.

Com a instalação no computador dos ambientes do EcoMUVE, não há comunicação com outros usuários ou NPC's ativos, o que torna as experiências solitárias, como já apresentadas nos ambientes Techland, TransGen Island e RainForest Research.

O autor percebeu um engajamento que o EcoMUVE foi similar ao observado na RainForest Research, porém com uma maior intensidade nas interações com os objetos, com a coleta de dados e com o ambiente. Um exemplo é o submarino que permite visualizar o fundo do ambiente do lago. Ele muda a forma de visualização do ambiente, permitindo o “zoom” nas plantas e nos seres subaquáticos e a coleta de informações mais detalhadas. Esta mudança também aumenta a sensação de imersão, uma vez que “parece” que se está “dentro” do submarino. O mesmo acontece na floresta com o tronco da árvore em decomposição, porém sem a mesma sensação de imersão.

### **3.4 Avaliação dos Recursos Presentes nos Ambientes Estudados**

Esta seção avalia os recursos apresentados pelos três projetos estudados, os quais foram agrupados em diferentes aspectos: Informacionais, Comunicacionais, Tecnológicos, Avaliativos e Acesso e disponibilidade.

Primeiramente é necessário identificar as plataformas tecnológicas utilizadas pelos projetos, pois a escolha delas vai definir a disponibilidade ou não dos recursos, o que o aluno e o professor podem executar dentro do ambiente, como é a comunicação para fora dos ambientes, entre outros. Assim, os projetos Techland, SciEthics e LEV foram desenvolvidos utilizando a mesma tecnologia: o servidor de mundos virtuais OpenSimulator ou OpenSim (OPENSIM, 2014), enquanto que o projeto EcoMUVE utilizou a tecnologia de máquina de jogos (*game engine*) do Unity 3D (UNITY, 2016).

Este aspecto aponta para escolhas estratégicas diferentes em relação às opções de desenvolvimento, distribuição e utilização dos ambientes. Enquanto no Techland, SciEthics e no LEV o aluno pode criar, alterar e apagar objetos, no EcoMUVE ele não tem esta possibilidade. O professor, por sua vez, não pode adicionar recursos diretamente no EcoMUVE, pois a versão disponível é somente para execução, não permitindo a edição/modificação do ambiente. Já o Techland, SciEthics e o LEV permitem a inclusão/edição/retirada de recursos por parte dos professores e a adição/restricção de permissões para o aluno, através das configurações do servidor.

Em relação aos recursos informacionais, isto é, como o aluno recebe informações dentro do ambiente (seja de conceitos teóricos, orientação, esclarecimento ou mensagens do próprio sistema) todos os projetos suportam informações no formato de texto estático e dinâmico, animações e áudio; sendo que o EcoMUVE não apresenta recursos de vídeo e acesso à WWW.

A presença de NPC's nos ambientes é uma das alternativas para melhorar suporte entre os alunos e o ambiente, na busca do atingimento de seus objetivos. Tanto SciEthics quanto EcoMOVE e LEV apresentam NPC's estáticos, com pouca ou nenhuma movimentação e conversação, já o Techland não apresenta este recurso nas ilhas disponíveis. Nenhum dos três projetos relacionados possuem NPC's dinâmicos, com movimento e respostas dinâmicas e/ou conversacional (conectado a um servidor de *chatterbot*, por exemplo), sendo que apenas o LEV apresenta este recurso. No Techland, no SciEthics e no LEV os alunos podem interagir com os objetos, movimentando, girando, redimensionando e executando os mesmos, enquanto o EcoMUVE não apresenta esta possibilidade. O LEV ainda permite que o aluno insira programação script nos objetos criados.

Tanto para verificação do desempenho do aluno frente à realização das atividades no ambiente, quanto para a consulta de opinião ou preferência, é necessário o preenchimento de um formulário (que pode conter questões objetivas e subjetivas). Os ambientes Techland e EcoMUVE não dispõem de questionários on-line, o que é fornecido pelo SciEthics em um serviço WWW externo. O EcoMUVE, por sua vez possui questionários em arquivos externos, que podem ser impressos e respondidos. Por sua vez, o LEV permite o preenchimento de formulários on-line no modo servidor WWW local, o que o torna independente da conexão com a Internet.

Em relação ao acesso e disponibilidade, observa-se que Techland possui acesso on-line, enquanto SciEthics, EcoMOVE e LEV devem ser baixados e instalados. O Quadro 4 sumariza estes recursos.

Quadro 4: Recursos presentes nos projetos Techland, SciEthics, EcoMUVE e LEV.

	<b>Recursos disponíveis</b>	<b>Tech land</b>	<b>Sci Ethics</b>	<b>Eco MUVE</b>	<b>LEV</b>
<b>1</b>	<b>Informacionais</b>				
1.1	Texto estático	Sim	Sim	Sim	Sim
1.2	Texto dinâmico	Sim	Sim	Não	Sim
1.3	Imagens	Sim	Sim	Sim	Sim
1.4	Animações (flash, gifs animados, objetos)	Sim	Sim	Sim	Sim
1.5	Vídeos	Sim	Sim	Não	Sim
1.6	Áudio	Amb	Amb	Amb	Amb
1.7	WWW	Sim	Sim	Não	Sim
1.8	Uso de leitor de código de QRCode ou similar	Não	Não	Não	Sim
<b>2</b>	<b>Comunicacionais</b>				
2.1	NPC estático	Não	Sim	Sim	Sim
2.2	NPC dinâmico	Não	Não	Não	Sim
2.3	NPC conversacional	Não	Não	Não	Sim
2.4	Objetos com interação	Sim	Sim	Não	Sim
2.5	Personalização do avatar	Comp	Comp	Lim	Comp
<b>3</b>	<b>Tecnológicos</b>				
3.1	Programação acessível ao usuário	Não	Sim	Não	Sim
3.2	Permite copiar objetos/itens	Lim	Lim	Não	Sim
3.3	Permite copiar código fonte	Não	Não	Não	Não
3.4	Acesso a sistemas externos (Moodle,...)	NI	Não	Não	Sim
3.5	Uso de dispositivos externos (smartphone)	Não	Não	Não	Sim
3.6	Leitura/importação arquivos externos	Sim	Sim	Sim	Sim
3.7	Logs/registros – ambiente/servidor	NI	OS	EM	OS
3.8	Logs/registros – ações do aluno	Não	Não	Não	Sim
3.9	Plataforma de desenvolvimento	OS	OS	U3D	OS
<b>4</b>	<b>Avaliativos</b>				
4.1	Questionários on-line externo	Não	Não	Não	Sim
4.2	Questionários off-line	Não	Não	Sim	Não
4.3	Questionários on-line no ambiente	Não	Sim	Não	Sim
<b>5</b>	<b>Acesso e disponibilidade</b>				
5.1	On-line	Sim	Não	Não	Não
5.2	Download	Não	Sim	Sim	Sim
5.3	Cadastro prévio	Sim	Sim	Sim	Não
5.4	Tipo de licença	NI	CC	HU	-

Fonte: autoria própria.

**Siglas:**

Lim.	Limitada	OS	Open Simulator
Comp.	Completa	U3D	Unity 3D
NI	Não identificado	eM	ecoMUVE
CC	Creative Commons	Amb.	Ambiente
HU	Harvard University	Ext.	Externa

#### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para obter êxito nesta pesquisa, aplicada no domínio da educação, a escolha de um método científico foi de fundamental importância, uma vez que ele apresenta um conjunto de ações, procedimentos e atividades sistemáticas que permitem o ordenamento e o alcance de um objetivo no processo de construção do conhecimento na ciência (DINIZ e SILVA, 2008).

Para contextualização dos problemas tratados nesta tese, foram utilizadas ambas as abordagens, qualitativas e quantitativas. A abordagem qualitativa é indicada para quando o investigador faz alegações de conhecimento com base principalmente em: (I) perspectivas construtivistas (ou seja, significados múltiplos das experiências individuais, significados social e historicamente construídos, com o objetivo de desenvolver uma teoria ou um padrão), (II) perspectivas reivindicatórias/participatórias (ou seja, políticas, orientadas para a questão; ou colaborativas, orientadas para a mudança) ou (III) em ambas. Ela também usa estratégias de investigação como narrativas, fenomenologias, etnografias, estudos baseados em teoria ou de teoria embasada na realidade, assim, o pesquisador coleta dados emergentes abertos com o objetivo principal de desenvolver temas a partir dos dados (CRESWELL, 2010).

Já a abordagem quantitativa é aquela em que o investigador usa primariamente alegações propositivas para desenvolvimento de conhecimento (ou seja, raciocínio de causa e efeito, redução de variáveis específicas, hipóteses e questões, utilização de mensuração e observação e teste de teorias); emprega estratégias de investigação (como experimentos, levantamentos e coleta de dados) e instrumentos predeterminados que geram dados estatísticos (CRESWELL, 2010).

No enfoque computacional, a construção dos objetos e do ambiente tridimensional seguiu a metodologia ARCS (*Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction* ou atenção, relevância, confiança e satisfação) desenvolvida por Keller (2010). A escolha desta metodologia se deve ao fato de que o modelo ARCS é centrado na interação e busca ajudar a entender as relações entre esforço, desempenho e satisfação através do reconhecimento e solução de problemas motivacionais específicos associados ao âmbito do ensino. Ainda, os modelos centrados na interação, como o ARCS, são os mais usados no domínio educacional no que concerne à aprendizagem e à motivação dos alunos (KELLER, 2010).

Juntamente com a aplicação do modelo ARCS para o projeto e desenvolvimento do ambiente tridimensional que abriga o laboratório educacional virtual foram utilizados os

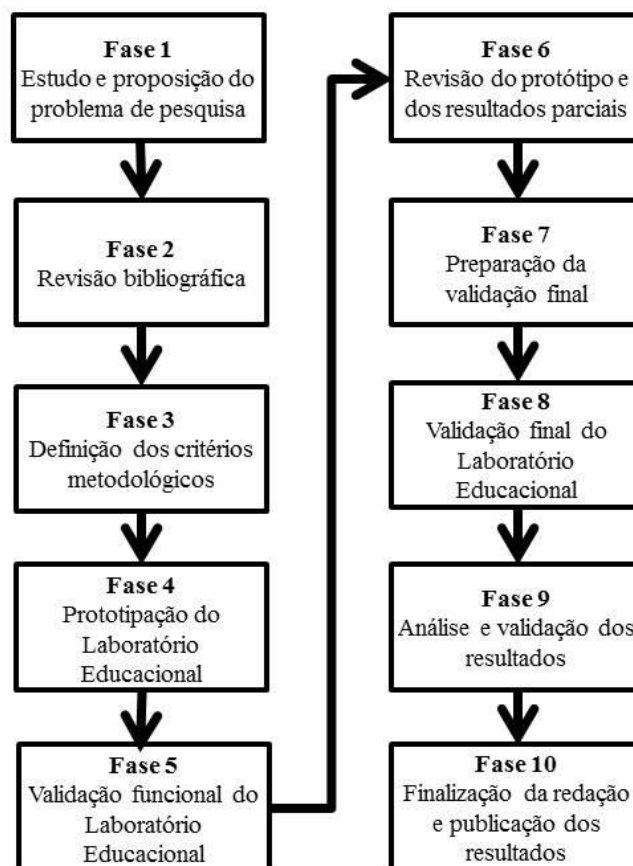


princípios da Aprendizagem Experiencial, considerando o Ciclo de Kolb, apresentado na Figura 4. Tanto na construção dos objetos, quanto na construção do laboratório objetivou-se aplicar as recomendações da gamificação, como também incorporar os processos pelo qual o conhecimento possa ser criado através da compreensão e da transformação da experiência. Para isto, os objetos 3D devem permitir que o aluno estabelecesse suas observações e reflexões sobre o experimento e conseqüente possa pensar e propor novas condições para aquele ou para outro experimento.

#### 4.1 Fases e procedimentos

Buscando investigar o *design* e os conceitos teóricos necessários para criação de laboratórios educacionais nos mundos virtuais, e os requisitos que possam despertar a motivação e o engajamento no aluno e levá-lo ao estado de Flow, esta pesquisa foi dividida em 10 fases, apresentadas na Figura 11.

Figura 11: Fases da elaboração desta pesquisa.



Fonte: autoria própria.

As fases compreendem o agrupamento das atividades antecipadamente avaliadas e definidas conforme a sua relevância para esta tese de doutorado, seguindo a metodologia científica escolhida e norteando toda a atuação do pesquisador.

- Fase 1 - Estudo e proposição do problema de pesquisa

A primeira fase compreendeu a formulação do problema de pesquisa, embasada em estudos que focavam a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação no processo educacional. Como fruto desta fase, observou-se a necessidade da utilização de laboratórios educacionais nas escolas como meio para elucidar conceitos teóricos e melhorar a relação entre teórica e prática nas aulas, bem como as principais limitações que impedem seu uso.

As teorias de aprendizagem foram examinadas de forma a identificar os elementos que pudesse oferecer fundamentação para as escolhas tecnológicas, dentre as quais se evidenciaram os laboratórios virtuais. Também, identificaram-se os mundos virtuais como uma possível solução para o aprimoramento das práticas pedagógicas, dentro e fora de sala de aula. Percebido o potencial do uso dos mundos virtuais na educação, buscou-se um problema real para a sua aplicação. A busca do embasamento teórico pertinente é descrito na Fase 2.

- Fase 2 - Revisão bibliográfica

Esta fase contemplou o levantamento, leitura, estudo e análise crítica dos trabalhos acadêmicos relacionados com o problema de pesquisa. A coleta de produção científica para o auxílio na criação das hipóteses desta tese foi o foco principal desta fase.

O levantamento bibliográfico teve a intenção de produzir um referencial teórico robusto sobre laboratórios educacionais, mundos virtuais, teoria da aprendizagem experiencial, motivação, engajamento, Flow e gamificação.

Assim, uma ampla verificação da literatura e de trabalhos científicos foi realizada através de consultas às principais bibliotecas digitais, portais de busca e repositórios digitais, tais como o portal de periódicos da CAPES, IEEE Xplore, ACM Digital Library, SCOPUS, Springer, ScienceDirect, Google Acadêmico, researchgate.net, entre outros. Também foram acessados os anais dos principais eventos e periódicos na área de Tecnologias de Informação e Educação, os quais eram voltados principalmente para a educação.

Nestes locais foram realizadas buscas sobre os desafios da motivação, do engajamento e do estado de Flow ao serem aplicados na educação, bem como outros temas de interesse da pesquisa: mundos virtuais, aprendizagem experiencial e gamificação. Também foram consultados sites dos fabricantes e dos criadores das ferramentas utilizadas na criação do ambiente tridimensional, de forma a subsidiar com recursos técnicos o projeto e o desenvolvimento do Mundo Virtual Digital 3D.

- Fase 3 - Definição dos critérios metodológicos

Considerando a presença de um grupo de diferentes teorias usadas para a produção de trabalhos e pesquisas científicas (métodos dedutivo, indutivo, hipotético dedutivo, dialético, fenomenológico, entre outros); esta fase da construção da tese caracterizou-se pela organização do estudo e estabelecimento das atividades a serem realizadas, alicerçadas em uma metodologia sólida; e que compreende as exigências próprias do tema e as características do estudo, objetivando fornecer uma estratégia objetiva para as atividades do pesquisador na obtenção, análise e divulgação dos frutos alcançados com a pesquisa.

- Fase 4 - Prototipação do Laboratório Educacional

A prototipação foi a fase na qual os recursos computacionais necessários para a construção do laboratório educacional no mundo virtual foram escolhidos, levando em conta a perspectiva da teoria de aprendizagem experiencial e do *design* de ambientes e objetos virtuais que busquem a motivação, o engajamento e favoreçam o estado de Flow. No projeto do laboratório educacional e do mundo virtual também foram considerados os princípios de gamificação, com vistas a aumentar o nível de motivação dos alunos.

Esta fase teve como principal objetivo criar um ambiente tridimensional que pudesse servir de local para a experimentação de todos os recursos presentes no mundo virtual final. A partir do levantamento dos requisitos de aprendizagem experiencial, motivação, engajamento, estado de Flow e gamificação, realizado durante a construção da fundamentação teórica, foi definida a plataforma de mundos virtual OpenSim (OPENSIM, 2014), a qual permitiu desenvolver os objetos 3D e a programação necessários para atender os requisitos descritos anteriormente.

Com a definição da plataforma tridimensional foram definidas outras ferramentas diretamente ligadas ao OpenSim, tais como os *viewers* (visualizadores) de mundos virtuais Singularity (SINGULARITY, 2017) e FireStorm (PHOENIX, 2017), e o editor de scripts LSLEditor (SOURCEFORGE, 2017). Também foram definidas ferramentas auxiliares tanto para o desenvolvimento do ambiente e objetos tridimensionais, quanto para a programação: Gimp (GIMP, 2017), Blender (BLENDER, 2017), SketchUp (TRIMBLE, 2017), Notepad++ (DON HO, 2017).

Da mesma forma, recebeu atenção especial a busca de uma versão portátil do servidor de mundos virtuais OpenSim, onde foi escolhida a versão *Sim-on-a-Stick* (SOAS) conhecida como *simona* (SIMONA, 2017a). Outra ferramenta escolhida foi o XAMPP (PORTABLEAPPS.COM, 2017), uma vez que fornece um pacote integrado de programas

contendo o servidor WWW Apache, o servidor de banco de dados MySQL, o módulo para a linguagem de programação PHP e o módulo para a linguagem de programação Perl. A escolha do XAMPP levou em conta a necessidade da ferramenta ser portátil, gratuita e possuir os servidores necessários para a integração com o servidor OpenSim, através da versão simona.

- Fase 5 - Validação funcional do Laboratório Educacional

A fase de validação funcional do laboratório educacional foi concebida como uma etapa experimental, objetivando analisar sobre diversas óticas o ambiente tridimensional utilizado na pesquisa. Esta fase permitiu avaliar o ambiente tridimensional e os laboratórios educacionais, conferindo a consistência das atividades presentes nos laboratórios com os conceitos teóricos pretendidos, legitimando sua aplicação na pesquisa. Neste sentido, esta fase foi entendida como a primeira etapa da experiência, sendo que ela compreendeu dois momentos distintos: (1) projeto e desenvolvimento do protótipo e (2) a verificação efetiva do mundo virtual e do laboratório educacional virtual. O primeiro momento objetivou constatar a validade dos métodos, concepções de projeto, tecnologias e programas utilizados para direcionar o desenvolvimento tecnológico do ambiente tridimensional. Já o segundo momento buscou subsídios para suporte na validação das hipóteses levantadas pela tese.

Como mencionado logo acima, os momentos que compreendem esta fase são: (1) projeto e desenvolvimento do protótipo, observando o Ciclo de Kolb (KOLB, 1984) e o modelo ARCS de (KELLER, 2010) na construção do laboratório e objetos do mundo virtual de forma a despertar a motivação e o engajamento através de seu *design*, e com a intensificação do engajamento o consequente alcance do estado de Flow; e (2) a verificação efetiva do laboratório e do mundo virtual por um público alvo caracterizado por indivíduos com formação e conhecimentos nas áreas da educação e/ou da tecnologia, composto por alunos do PGIE da UFRGS e do Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da URI de Frederico Westphalen, chamados de agora em diante de especialistas.

A intenção da verificação efetiva do mundo e do laboratório virtual foi motivada pelas competências dos especialistas. Uma vez que estes indivíduos possuíam experiência com tecnologia e/ou educação, e alguns dispunham de experiência na utilização dos mundos virtuais, eles puderam direcionar seu foco de atenção para a avaliação dos objetos; conteúdo, níveis de interação, comunicação e recursos tecnológicos utilizados no laboratório educacional, em específico, e no mundo virtual como um todo.

As interações dos especialistas com os objetos e sua movimentação pelo ambiente foram “rastreadas”, ou seja, gravadas em um banco de dados, eles responderam as questões relativas à sua formação e ao uso que fizeram do ambiente virtual e dos laboratórios educacionais virtuais. Também responderam um questionário referente a sua percepção, como usuário, da motivação, engajamento e do estado de Flow na experiência. Assim o pesquisador obteve subsídios pedagógicos e tecnológicos indicados pelos especialistas para que pudesse efetuar as alterações com base nestas observações.

- Fase 6 - Revisão do protótipo e dos resultados parciais

Nesta fase foram analisados os dados coletados na Fase 5, como forma de dar consistência ao protótipo e verificar se os métodos, conceitos e práticas elencados foram efetivamente desenvolvidos no protótipo. Percebeu-se aqui, a importância da avaliação dos especialistas, uma vez que, sendo estes conhecedores dos aspectos educacionais e tecnológicos envolvidos; analisaram os objetos, os ambientes virtuais e os recursos tecnológicos utilizados no laboratório educacional, em específico, e no mundo virtual de uma forma geral.

Assim, com base na análise e observações dos especialistas, identificaram-se os aspectos relevantes destacados pelos mesmos e que propiciaram as melhorias no protótipo. Então, foram realizadas as alterações no *layout* do ambiente, melhorias na interface, depuração de código, retirada de objetos que foram avaliados com baixa utilidade ou interação, criação de novos objetos ou atividades, bem como as demais recomendações realizadas pelos especialistas. No APÊNDICE A pode ser visto o projeto do ambiente virtual e dos vários cenários que compõem o Laboratório Virtual Educacional. Já no APÊNDICE B, são apresentadas as imagens dos vários cenários do Laboratório Virtual Educacional.

- Fase 7 - Preparação da validação final

Uma vez que os especialistas avaliaram o protótipo, indicaram as melhorias necessárias e as mesmas foram executadas no laboratório educacional virtual, o protótipo estava preparado para a validação final. Deste momento em diante obteve-se uma versão funcional, chamada de “Laboratório Educacional Virtual”.

Como o PPGIE/CINTED possui o servidor de mundos virtuais OpenSim, o mesmo poderia ter sido utilizado na experiência. Para isto, o mundo virtual contendo o laboratório educacional deveria ser previamente inserido e configurado no referido servidor e as portas de acesso pela Internet deveriam estar liberadas. Aqui é necessário destacar que, o acesso ao

referido servidor depende de disponibilidade de comunicação, com uma velocidade “aceitável”, que depende de cada instituição de ensino que venha utilizar o servidor OpenSim. Caso a instituição de ensino não tenha ‘Internet disponível’ naquele momento, tanto no PPGIE/CINTED/UFRGS quanto na própria instituição ensino, não há condições de acessar o mundo virtual e conseqüentemente executar o Laboratório Educacional Virtual. Ainda, se a instituição de ensino alvo não possuir uma conexão de Internet com velocidade suficiente para um bom desempenho do Laboratório Educacional Virtual, a experiência ficaria comprometida, prejudicando a pesquisa.

Considerando a experiência dos membros do grupo de pesquisa do projeto AVATAR (UFRGS, 2017) no desenvolvimento de objetos 3D, na utilização e na administração do servidor OpenSim, em conversas com sua orientadora, da vivência em práticas e treinamentos em laboratórios, visitas e palestras em escolas públicas, o autor percebeu a necessidade de buscar uma alternativa para que as condições supracitadas pudessem ser contornadas.

Uma opção encontrada, e que se mostrou viável, foi a utilização de uma versão portátil do OpenSim, chamada *Sim-On-A-Stick* (SOAS) ou *simona* (SIMONA, 2017a), a qual permite executar o servidor de mundos virtuais OpenSim em um pen-drive. No experimento proposto nesta pesquisa, o “simona” foi disponibilizado em uma pasta no disco rígido de cada computador e usado por um aluno em cada sessão do experimento.

Também foram configurados e disponibilizados no disco rígido de cada computador um servidor WWW Apache, um servidor de banco de dados MySQL e um módulo PHP, através do pacote XAMPP, os quais permitiram a gravação de informações no próprio computador.

Porém, o autor entendeu que o registro das informações, somente em modo local, poderia colocar em risco estes dados. Assim, foram preparadas outras duas estruturas de banco de dados remotos, que eram similares à estrutura do banco de dados local. Desta forma, as informações foram gravadas tanto no banco de dados local quanto nos banco de dados remotos.

Nesta fase foi realizado o contato com instituições de ensino alvo para que seus alunos pudessem avaliar o experimento objeto desta tese. Foi realizado o contato com Escola de Educação Básica da URI (Ensino Médio) e com o curso de Ciência da Computação, ambos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Frederico Westphalen - URI-FW, instituição na qual o autor desta tese era docente. Tendo a URI-FW aceito o convite, foi encaminhado um projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa, formalizando e institucionalizando o projeto. Com a aprovação do projeto no CEP, o público alvo foi dividido em dois grupos: ensino médio e ensino superior (até o segundo semestre do curso descrito),

foram realizadas as reuniões com os alunos, foi preparado o material e o laboratório para o experimento. Então, em conjunto com os responsáveis, foram definidas as datas de realização do experimento.

- Fase 8 - Validação final do Laboratório Educacional

Esta fase verificou se toda a fundamentação teórica, os recursos tecnológicos e os conceitos educacionais levantados nas etapas anteriores foram de fato apropriados para despertar a motivação e o engajamento dos alunos e em condições apropriadas levá-los ao estado de Flow.

Foi solicitado aos alunos que preenchessem um questionário para identificação do seu perfil, identificando sua posse e domínio dos recursos tecnológicos. Os indivíduos foram submetidos a um pré-teste que objetivou identificar seu nível de conhecimento antes da realização do experimento no mundo virtual, sendo que ao final, eles responderam ao pós-teste, permitindo identificar qual foi o acréscimo de conhecimento proporcionado pela experiência. Outro questionário abordou a percepção dos alunos em relação ao estado de Flow durante a permanência no mundo virtual e execução das atividades no Laboratório Educacional Virtual. Por fim, um questionário com a avaliação dos estudantes sobre o mundo virtual e o Laboratório Educacional Virtual foi aplicado.

Durante a utilização do Laboratório Educacional Virtual pelos alunos, além da observação pessoal do autor, sensores de localização e de interação detectaram e armazenaram, nos bancos de dados local e remoto, as ações praticadas pelo usuário sobre os objetos durante as experiências, bem como sua movimentação pelo ambiente.

- Fase 9 - Análise e validação dos resultados

Uma vez que os questionários foram aplicados junto aos indivíduos e os dados do registro digital da movimentação e das interações do avatar no Laboratório Educacional Virtual foram gravados nas bases de dados; foi possível realizar a tabulação das questões dos questionários do perfil do aluno, do pré-teste e do pós-teste, do questionário de percepção de Flow e da avaliação do experimento, bem como foi possível realizar a seleção, pré-processamento e formatação dos registros no banco de dados.

Assim, foi efetuada a análise dos questionários e do registro digital, a partir de um eixo temporal que contemple todos os dados observados, do começo ao término da experiência, de forma que estes dados possam ser comparados entre si. Sobre os dados analisados foram

aplicadas técnicas estatísticas apropriadas para o exame da sua correlação, bem como para esclarecer imprecisões e dubiedades relacionadas aos dados e aos resultados apresentados.

- Fase 10 - Finalização da redação e publicação dos resultados

Como última fase, foi escrita a versão final desta tese, considerando os conceitos teóricos levantados e os resultados obtidos com as atividades desenvolvidas. A conclusão final desta tese apresenta uma resposta para o problema de pesquisa formulado inicialmente. Paralelamente, almeja-se a redação de um conjunto de artigos científicos, derivados dos trabalhos inerentes às diversas atividades executadas no desenrolar deste trabalho.

Estas dez fases tornam possível a indicação clara e inteiramente formal das atividades realizadas durante a construção desta tese. O cerne desta pesquisa pode ser definido sobre a investigação, o incremento e a obtenção, de forma estruturada, de novos conhecimentos científicos e tecnológicos para a elucidação do problema proposto.



## **5 ESPECIFICAÇÃO DA PESQUISA**

Objetivando validar as hipóteses apresentadas na seção 1.5, um experimento prático com alunos foi realizado em um laboratório de informática. A descrição dos pré-requisitos, a opinião dos especialistas, estrutura utilizada e a execução deste experimento são apresentadas a seguir.

### **5.1 Validação funcional do Laboratório Educacional**

Como descrito no capítulo 4, alguns indivíduos com formação e conhecimento nas áreas da educação e/ou tecnologia, chamados de especialistas; foram convidados para usar o laboratório virtual, emitir sua opinião e fornecer sugestões educacionais e tecnológicas em relação aquele estágio de desenvolvimento, permitindo assim estabelecer a versão final do Laboratório Educacional Virtual.

O grupo de especialistas era formado por oito indivíduos, com idade média de 36,1 anos, sendo 5 homens (63%) e 3 mulheres (38%). Em relação à formação, seis indivíduos possuem mestrado e estão cursando o doutorado, um indivíduo possui curso superior completo em Letras, com pós-graduação *latu sensu* em Educação Infantil e Anos Iniciais e o último indivíduo possui curso superior incompleto em Ciência da Computação.

Dos especialistas com mestrado, 84% deles possuem diplomas na área da Ciência da Computação/Sistemas de Informação, enquanto 17% receberam diplomas na área da Educação. Em relação à colocação profissional, 1/3 dos especialistas com mestrado atua como docente, sendo 67% no ensino superior e 33% no ensino médio. A experiência no ensino foi indicada pelos seguintes intervalos: de 1 a 3 anos (25%), de 3 a 5 anos (25%) e mais de 10 anos (50%).

Todos os especialistas com mestrado afirmaram: (I) possuir muito bom conhecimento das tecnologias da informação e comunicação digitais; (II) utilizaram de 30 a 50% de carga horária de suas disciplinas para atividades práticas em laboratório; (III) não utilizarem mundos virtuais digitais 3D e/ou jogos digitais nas práticas em laboratório e/ou em sala de aula (83%); (IV) 83% destes especialistas são usuários de jogos (curiosamente); e (V) 83% deles não acessam os mundos virtuais digitais 3D.

A avaliação dos especialistas ocorre no segundo semestre de 2017, no laboratório do PGIE da UFRGS e no laboratório do curso de Ciência da Computação na URI de Frederico Westphalen.

As observações e sugestões dos especialistas são descritas a seguir:

E1: *“Gostei da experiência, de saber minhas pontuações, das simulações, dos ambientes separados por temática, senti que aprendi. Só achei que tinha muito material e muito quiz (conteúdo), talvez os alunos não mantenham a atenção por tanto tempo. Parabéns pelo trabalho! Ambiente muito dinâmico e atrativo.”*.

E2: *“O ambiente é interessante, no entanto, precisa melhorar em alguns aspectos: alguns termos que estão em inglês podem dificultar a interação do aluno, Alguns vidros permitem ser ultrapassado, o símbolo de interrogação difícil de clicar quando está girando.”*.

E3: *“Necessário um tutorial, movimentação FPS, interação mais intuitiva, utilização de HUD para disponibilização de feedbacks.”*.

E4: *“Lista de tarefas”*.

E5: *“Como ainda é um protótipo, faltam funcionalidade e explicações sobre como pegar os objetos de modo mais intuitivo e de como interagir com a tutora.”*.

E6: *“Eu não sabia o que fazer nunca tinha utilizado um ambiente assim. Só consegui fazer o quiz e assistir alguns vídeos. Não achei os experimentos. Tentei fazer algumas construções, mas só consegui plantar árvores e grama. Mas com certeza os problemas por mim enfrentados decorrem da minha inaptidão para qualquer jogo.”*.

E7: *“O ambiente está bem construído e o laboratório está bom, os objetos respondem certo aos usuários. A instalação local funcionou e a conexão com o BD também, só falta testar com o servidor remoto.”*.

E8: *“Mesmo não sendo da área percebi um ambiente agradável, com gráficos bonitos. As informações do que devia ser feito estavam visíveis e quando terminava uma tarefa recebia uma mensagem do resultado. Tive dificuldade para controlar o personagem, mas acho que é um bom ambiente de aprendizagem.”*.

Levando em consideração as sugestões dos especialistas, foram realizadas as alterações possíveis, de modo a partir destas alterações resultasse a versão final do Laboratório Educacional Virtual, o qual foi utilizado no decorrer da pesquisa.

## **5.2 Formalização e estruturação da pesquisa**

O experimento prático compreendeu a utilização de um mundo virtual 3D no qual o aluno se movimenta pelo ambiente tridimensional realizando atividades educacionais que

contemplam conteúdos voltados para experiências práticas no domínio da Física, especificamente na área de Eletrostática, em particular para os seguintes conteúdos: Introdução a Eletricidade, Carga Elétrica, Condutores e Isolantes, Eletrização de corpos e Experimentos com eletrização. Este experimento foi chamado de “Laboratório Educacional Virtual”, como visto anteriormente no texto.

O ambiente computacional, os laboratórios de informática, os professores colaboradores, os indivíduos que participaram dos experimentos e os demais recursos necessários para a experiência foram alocados junto a IES na qual o autor desta tese era professor na época de sua realização: a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Frederico Westphalen (URI-FW).

Inicialmente, foi solicitada autorização junto à direção geral do campus, através da Profa. Dra. Silvia Regina Canan, a qual aprovou a realização da pesquisa no campus de Frederico Westphalen. Na sequência, foram consultados sobre a realização da pesquisa: o coordenador do curso de Ciência da Computação (CC), Prof. Me. Maurício Sulzbach e a diretora da Escola de Educação Básica (Escola), Profa. Ma. Eliane Maria Balcevicz Grotto, e ambos aprovaram e incentivaram a realização da mesma.

Com as devidas autorizações e buscando atender todos os aspectos pertinentes a representatividade da pesquisa, principalmente, os aspectos relacionados ao respeito, anonimato e segurança do indivíduo; ao sigilo e integridade das informações; à ética, normas e condutas do processo experimental, o autor encaminhou junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da URI-FW, um projeto de pesquisa contemplando os objetivos, recursos, métodos e resultados aqui propostos. O referido projeto foi aprovado sob o CAAE 76825517.0.0000.5352, atendendo assim a legislação brasileira e as normas e orientações relacionadas à pesquisa definidos pelo PPGIE, UFRGS e URI.

Cabe neste momento descrever os critérios de escolha dos indivíduos envolvidos na utilização do Laboratório Educacional Virtual. Em conversa prévia com os professores colaboradores Marcia Dalla Nora e Ismael Fortuna foram identificados os indivíduos que poderiam realizar o experimento: alunos do 1º e do 2º Ano do Ensino Médio da Escola de Educação Básica e os alunos do 2º semestre de Ciência da Computação da URI-FW.

Uma vez que ambos os professores colaboradores lecionavam disciplinas de Matemática e Física na Escola de Educação Básica e no curso de Ciência da Computação, os professores colaboradores observaram quais os alunos da Escola de Educação Básica ainda não estavam familiarizados com estes conteúdos em suas aulas. Já para os alunos de Ciência da Computação, mesmo que estes estudantes tivessem conhecido estes conteúdos no ensino

médio; não era do conhecimento dos professores colaboradores quanto o aprendizado do ensino médio foi efetivo e quanto ele foi retido pelos alunos, assim, entendendo-se que seria adequada a participação desta turma.

A indicação dos professores colaboradores permitiu a seleção de 3 grupos: 1º Ano do Ensino Médio (1AEM), 2º Ano do Ensino Médio (2AEM) e 2º Semestre de Ciência da Computação (2SCC). Na primeira semana de Outubro de 2017, os alunos foram convidados para participar da experiência. Deixou-se claro que a participação seria voluntária e sem recompensa ou remuneração financeira, acadêmica ou de outra espécie. Na turma 1AEM, todos os 24 alunos aceitaram participar. A turma possuía 11 homens e 13 mulheres com idades de variavam de 15 até 17 anos, com uma média de 15,5 anos. Já na turma 2AEM, do total de 14 alunos, 12 deles acolheram a participação na atividade, sendo que eram 3 homens e 9 mulheres, com idades de 16 e 17 anos, em uma média de 16,1 anos. Por fim, dos 17 alunos do 2SCC, 13 se comprometeram em participar da experiência, sendo que todos eram homens com idades que variavam dos 17 aos 20 anos, com média de 18,4 anos. Assim, 49 indivíduos, 27 homens e 12 mulheres, com idade média de 16,4 anos, aceitaram participar do Laboratório Educacional Virtual.

Tendo as autorizações e os aceites dos participantes e/ou dos responsáveis para a realização da pesquisa, foi definido um local para a realização do experimento. Foi escolhido o laboratório 306, chamado de URITec, uma vez que o mesmo possui 27 computadores com processador Intel Core i5, disco rígido de 500GB, memória RAM de 6GB e placa de vídeo GeForce GT 430 de 2GB. A configuração do URITec é completada com monitores Philips de 22 polegadas, teclado, mouse e som. O sistema operacional presente no laboratório é o Windows 7 Profissional 64 bits. Todos os computadores permitem acesso à rede local e à internet através de *login* com o usuário acadêmico. Todos os alunos da URI-FW possuem um usuário acadêmico, assim, foi solicitado aos voluntários que verificassem antecipadamente a disponibilidade do seu *login* na rede do referido laboratório. Este laboratório foi escolhido por possuir a configuração de *hardware* adequada e homogênea, acesso à internet com velocidade constante e garantida, ser um ambiente climatizado, possuir quadro branco e projetor. As fotos do URITec podem ser vistas no APÊNDICE C. Um vez definida a estrutura física, estabeleceu-se a forma de coleta dos dados digitais no laboratório URITec.

Neste sentido, era primordial que as informações relativas a um avatar deveriam ser geradas por um e somente um aluno, tanto no mundo virtual OpenSim, quando no banco de dados. Para manter a individualidade dos dados foi cadastrado um avatar único para cada

aluno no OpenSim, composto por nome, sobrenome e senha do avatar ('aluno55', 'avatar55', 'aluno55', respectivamente).

Logo após serem criados, os avatares foram bloqueados, o que impediu o uso indevido dos mesmos. O desbloqueio dos avatares foi realizado antes de cada sessão de uso do laboratório. Também, ao final de cada sessão, os usuários utilizados naquela sessão eram bloqueados novamente, evitando que algum aluno pudesse acessar o laboratório em outro horário e usar seu avatar novamente, inserindo novos registros na base e desvirtuando a coleta de dados para aquele avatar.

Mesmo mantendo a individualidade dos dados do avatar para um aluno, tomou-se o cuidado de não criar nenhuma espécie de vínculo entre o nome do avatar e o nome do aluno, tanto no OpenSim quanto no banco de dados, mantendo assim o anonimato e sigilo das informações coletadas no laboratórios, mas, ainda assim, permitindo a coleta e análise dos dados.

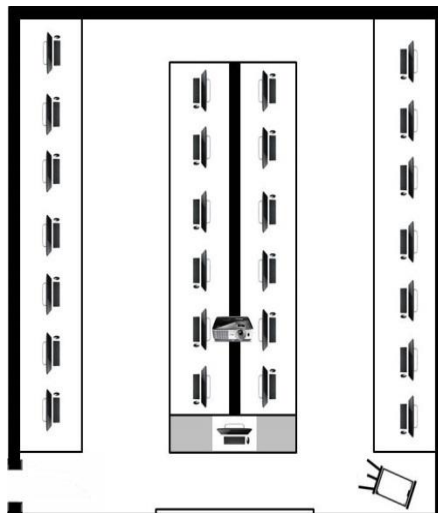
De comum acordo com as direções, professores e alunos, foram realizadas as sessões de utilização do Laboratório Educacional Virtual no URITec conforme a seguinte ordem: (I) 2AEM no dia 18 de Outubro de 2017, das 15:00 às 17:00 horas; (II) 2SCC no dia 18 de Outubro de 2017, das 19:00 às 21:00 horas; e (III) 1AEM no dia 20 de Outubro de 2017, das 08:00 às 10:00 horas. Nos referidos dias e horários, os professores das turmas acompanharam os alunos até o laboratório URITec e os deixaram sob a responsabilidade deste autor. Os alunos foram recepcionados e puderam escolher um computador para usar. Não houve qualquer interferência do autor neste aspecto, uma vez que os recursos computacionais disponíveis eram similares e não havia necessidade de uma predefinição de posicionamento dos alunos.

Antes do experimento, os alunos receberam algumas orientações: que o mesmo era voluntário, que poderiam interromper ou deixar o experimento a qualquer momento, que poderiam pedir ajuda quando achassem necessário. Também foi lembrado que não haveria recompensa ou remuneração de qualquer forma, que responderiam os questionários em uma ordem definida, que ao terminarem estariam liberados. A seguir foi descrita a forma de acesso, a estrutura do experimento e os usuários do OpenSim foram distribuídos. Então, os alunos usaram o Laboratório Educacional Virtual.

Em termos de distribuição dos alunos para o uso do Laboratório Educacional Virtual, o layout do laboratório URITec permitiu que o autor pudesse acompanhar os mesmos, prestando as informações solicitadas e circulando entre os computadores de forma que não

influenciasse as ações e permitisse observar o comportamento dos alunos sutilmente. A Figura 12 mostra referido layout.

Figura 12: Layout do laboratório URITec.



Fonte: autoria própria.

### 5.3 Ambiente computacional do experimento

A definição do ambiente computacional foi um dos aspectos considerados com grande atenção, como já descrito na seção 4.1, Fase 7. Então, apesar de haver no PPGIE/CINTED uma estrutura com os servidores necessários para a execução da experiência, analisou-se que o destino final do resultado desta pesquisa seria, em sua maioria, o de escolas públicas, muitas vezes com recursos físicos e humanos limitados.

Para isto, foram considerados os dados da “Pesquisa sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras” ou TIC Educação 2015, que apresentam as percepções de diretores, coordenadores pedagógicos e professores sobre as barreiras para o uso das TIC na escola. Esta pesquisa demonstra que 79% dos diretores, 73% dos coordenadores pedagógicos e 66% dos professores consideram baixa a velocidade de conexão à Internet nas escolas; e que 74% dos diretores e dos coordenadores pedagógicos e 61% dos professores acreditam que o número insuficiente de computadores conectados à Internet, sejam fatores limitantes ao uso das TIC nas escolas. Também, apresenta como fatores limitantes: a percepção de equipamentos obsoletos e ultrapassados (72% para os diretores, 64% para os coordenadores pedagógicos e 55% para os professores) e a ausência de suporte técnico e manutenção para 72% dos diretores e dos coordenadores pedagógicos e para 51% dos professores (CETIC.BR, 2016b, Pag. 162).

Assim, desenvolveu-se um ambiente tridimensional no qual o avatar do aluno é posicionado na entrada do mundo virtual. Neste local, o aluno tem o primeiro contato com um agente virtual (*chatterbot*), chamado de Tutora Atena; o qual estará presente em todo o ambiente desenvolvido para esclarecer as dúvidas que o aluno possa ter em relação ao ambiente virtual e em relação aos conteúdos de Física tratados nos objetos e experimentos 3D. Ainda neste local, o aluno é apresentado para todos os tipos de objetos que estarão presentes no ambiente desenvolvido e com os quais ele poderá interagir. Alguns exemplos destes objetos são: objeto WWW – permite a visualização de mídias a partir de links disponíveis na WWW; e objeto apresentação de *slides* – utilizado para apresentar imagens, fotos ou figuras estáticas. Este espaço permite que o aluno compreenda quais são os recursos disponíveis, como e por que eles são utilizados para alcançar os objetivos propostos nos experimentos. Para seguir adiante, o aluno é guiado até o teletransporte, que o leva até a Praça Central, como pode é visto no APÊNDICE A, Figura 1 e no APÊNDICE B, na Figura 1 Praça Central.

Na Praça Central o aluno recebe instruções da Tutora Atena sobre quais são os locais recomendados para seguir. Como os mundos virtuais são ambientes abertos, os alunos não são obrigados a seguirem um percurso pré-determinado, ficando livres para andar ou voar para qualquer ponto do mundo virtual. Porém, a Tutora Atena aconselha que se sigam as setas dispostas no chão e paredes, e se considere a sequência numérica das atividades propostas, começando no Centro de Informação do Prédio do Átomo.

No Prédio do Átomo, o Centro de Informação é o lugar onde é realizado o pré-teste de conhecimento sobre os conteúdos de Física tratados no ambiente, como forma de identificar qual é o nível de conhecimento prévio do aluno sobre este domínio. Também são apresentadas as experiências e os materiais instrucionais presentes no prédio. No corredor com conteúdo do átomo, são apresentadas imagens, textos e vídeos sobre o átomo, tendo um questionário eletrônico (*quiz*) ao final da sequência de materiais. Já o corredor com materiais sobre os modelos atômicos disponibiliza objetos que acessam conteúdo em páginas web e vídeos sobre os modelos atômicos e o modelo atômico de Bohr, em específico. A final deste corredor, também há um questionário eletrônico disponível para preenchimento. O terceiro corredor possui apresentações de *slides* sobre eletrização, série tribo elétrica e materiais isolantes e condutores, e tal como nos outros corredores, um questionário eletrônico ao final dos conteúdos. A estratégia de apresentar os materiais instrucionais primeiro e depois disponibilizar o questionário eletrônico é utilizada como uma maneira de verificar se houve acréscimo destes conteúdos ao conhecimento apresentado pelo aluno no pré-teste. Os locais descritos logo acima podem ser identificados no APÊNDICE A, Figura 3; e no APÊNDICE

B, na Figura 3 – Corredor de conteúdo – Átomo, na Figura 4 – Corredor de conteúdo – Modelos Atômicos e na Figura 5 – Corredor de conteúdo – Eletrização.

Chegando à Sala de Eletrização, ainda no Prédio do Átomo, o aluno tem acesso aos experimentos de atração e repulsão do átomo, sentido da corrente elétrica, eletrização em materiais isolantes e eletrização em materiais condutores. O aluno pode interagir com os objetos, recebendo mensagens referentes ao correto manuseio dos objetos e do resultado de suas ações sobre os experimentos. Este espaço permitiu que o aluno “faça” as experiências, observando suas ações e as reações dos objetos, criando a possibilidade de variações na realização das mesmas, oportunizando ao aluno analisar o experimento como um todo e usar a condição “e se eu fizer isto” sobre o experimento. A Sala de Eletrização pode ser identificada no APÊNDICE A, Figura 4; e no APÊNDICE B, na Figura 6 – Lab. atração/repulsão e sentido corrente.

Ao tocar o teletransporte, o aluno é transportado para o 2º andar do Prédio do Átomo, onde ele é recebido pela Tutora Atena, que descreve as atividades e objetos presentes naquele andar e relembra a indicação das setas e da sequência numérica para as atividades sugeridas. O primeiro objeto 3D visível é um apresentador de *slides*, que fornece uma revisão dos conteúdos apresentados no 1º andar, o que permite ativar os subunçores do aluno. Seguindo as setas, o aluno chega à sala onde estão disponíveis a apresentação, o experimento e o questionário eletrônico sobre “Eletrização, condutores e aterramento”. Voltando ao corredor principal o aluno visualiza a apresentação de *slides* “Eletrização por contato e por indução”; e em seguida, pode ir até o Laboratório de Eletrização por contato e por indução. Neste laboratório, o aluno pode interagir com os objetos que compõem os experimentos de “Eletrização por contato” e “Eletrização por indução”, podendo ‘realizar’ a experiência, variar as condições das mesmas, observando e criticando os resultados decorrentes. Estes laboratórios podem ser vistos no APÊNDICE A, Figuras 5 e 6; e no APÊNDICE B, na Figura 7 – Lab. de Condutores com Aterramento, Figura 8 – Lab. Eletrização por Contato e Figura 9 – Lab. Eletrização por Indução.

Por fim, ao clicar no teletransporte do Laboratório de Eletrização por contato e por indução, o aluno é levado ao 3º andar do Prédio do Átomo; onde está disponível o experimento de Eletrização, Indução e Aterramento e um questionário eletrônico verificando os conteúdos dos três últimos laboratórios. Ainda, o aluno pode verificar seu desempenho geral em todos os questionários. Como forma de gamificação, o desempenho obtido nos questionários foi contabilizado para estabelecer uma pontuação. O APÊNDICE A, Figuras 7 e o APÊNDICE B, Figura 10 demonstram os recursos descritos logo acima.



### 5.3.1 Servidor OpenSim portátil

Como forma de contornar os fatores limitantes e alcançar os objetivos desta tese, optou-se por construir um ambiente computacional com as seguintes características: (I) independência de acesso ao servidor OpenSim remoto; (II) acesso à média ou baixa velocidade de conexão com a Internet; (III) laboratório com recursos de *hardware* limitados; (IV) possibilidade do aluno ou do professor usar o ambiente computacional tanto na escola quanto em casa; (V) não exigir a presença de pessoal com grande conhecimento técnico em informática; e (VI) permitir a utilização do Laboratório Educacional Virtual em modo local, mas com o armazenamento da movimentação e das ações do aluno no ambiente virtual.

Considerando as restrições relatadas acima e os objetivos pretendidos por esta tese, foram buscadas alternativas para viabilizar a pesquisa e atender os requisitos propostos. Como alternativa para não ser necessário o acesso a um servidor OpenSim remoto, optou-se por uma versão “portátil” do OpenSim, o *Sim-on-a-Stick* 0.8 (SIMONA, 2017a), também chamado de “simona”. As configurações recomendadas para o *Sim-on-a-Stick* são: Windows XP, Windows Vista de 32 ou 64 bits, ou Windows 7 com DotNET 4.0 e pelo menos um processador com dois cores, 2 Gb de RAM e uma placa gráfica dedicada (SIMONA, 2017b).

Para a construção do ambiente computacional, foram utilizados equipamentos com menos recursos dos equipamentos utilizados no URITec, que atendiam aos requisitos mínimos estabelecidos para o *Sim-on-a-Stick*, excetuando-se a placa gráfica dedicada, uma vez que os laboratórios das escolas públicas dificilmente possuem este recurso de *hardware*. Os equipamentos onde foi desenvolvido o ambiente computacional possuíam as seguintes configurações: Pentium Dual Core 2.5 GHz, 2 Gb de memória RAM, 250 Gb de disco rígido, sistema operacional Windows 7 Profissional 32 bits e placa de vídeo *on-board*.

A escolha pelo *Sim-on-a-Stick* foi motivada pela simplicidade de sua instalação, uma vez que bastou descompactar o arquivo em uma pasta no computador, executar o configurador com os parâmetros básicos e o servidor OpenSim estava pronto para uso. Uma vez que um arquivo do *Sim-on-a-Stick* tenha sido descompactado e o servidor configurado, a pasta onde ele foi instalado pode ser copiada para um *pen-drive* ou para outro computador sem a necessidade de configurações adicionais. Esta possibilidade apresenta diversas vantagens, tais como: (1) é possível copiar o “simona” para vários dispositivos móveis (*pen-drive*, cartão de memória, HD externo,...) ou computadores, sem a necessidade de novas configurações; (2) não é necessário permissões de administrador no Windows dos computadores ou em redes gerenciadas; (3) no caso do usuário apagar ou desconfigurar o

simona, basta sobrepor a pasta atual com uma nova cópia da pasta original; (4) é possível utilizar computadores com recursos de *hardware* reduzidos; (5) é possível acessar o simona com os inúmeros *viewers* disponíveis para a versão padrão do OpenSim.

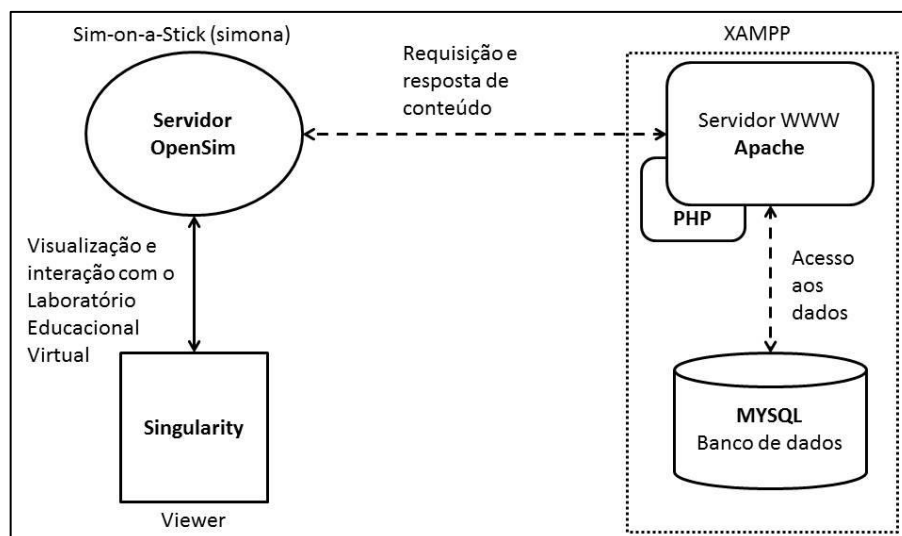
No ambiente computacional desenvolvido, o acesso ao simona foi realizado através do *viewer* Singularity (SINGULARITY, 2017). Até o momento do desenvolvimento do ambiente computacional, este programa não apresentava uma versão portátil funcional. Desta forma, foi necessária a instalação do Singularity da maneira padrão como são instalados os programas no Windows. Tanto no caso dos equipamentos utilizados para o desenvolvimento do ambiente computacional, quanto nos dos computadores do URITec, foi necessário solicitar a instalação do Singularity para a equipe de suporte da URI-FW. Este pode ser um fator limitante para seu uso em escolas que possuam restrições em relação ao gerenciamento dos computadores e da rede de comunicação. Ainda, foram encontradas duas versões portáteis de *viewers*: o Imprudence (SIMONA, 2017a) e o FireStorm (PHOENIX, 2017), porém ambas versões não se mostraram estáveis e apresentaram problemas de renderização e importação dos objetos, além de ‘travarem’ sem a apresentação de uma mensagem de erro. Devido a estes problemas, estes *viewers* foram desconsiderados como alternativas para o ambiente computacional.

### 5.3.2 Recursos computacionais locais

Considerando que um dos objetivos da tese é armazenar as interações e a movimentação do aluno no Laboratório Educacional Virtual, fez-se necessário gravar estas informações em um banco de dados. Também foi necessária a disponibilidade de um servidor de páginas WWW (Apache) e do interpretador de scripts PHP. Como esta proposta prevê um ambiente computacional portátil, foram procurados pacotes AMP (pacotes com os servidores Apache, MySQL e PHP integrados).

Após consultas a vários fabricantes, optou-se pelo XAMPP (PORTABLEAPPS.COM, 2017), uma vez que o mesmo disponibiliza o Apache, o MySQL, o PHP, e adicionalmente o Perl, os quais executam em mídias removíveis, são pré-configurados e prontos para usar, bastando apenas descompactar o arquivo do XAMPP em uma pasta no computador. Com este pacote foi possível gravar as informações do aluno em um banco de dados MySQL, criar páginas em PHP para acessar estes dados e executar requisições HTTP à partir do OpenSim sem a necessidade de permissões de administrador do Windows, configurações e permissões na rede de computadores local e remota. A Figura 13 mostra a estrutura do ambiente computacional no modo “local” em um computador ao final do desenvolvimento.

Figura 13: Estrutura do ambiente computacional.



Fonte: Autoria própria.

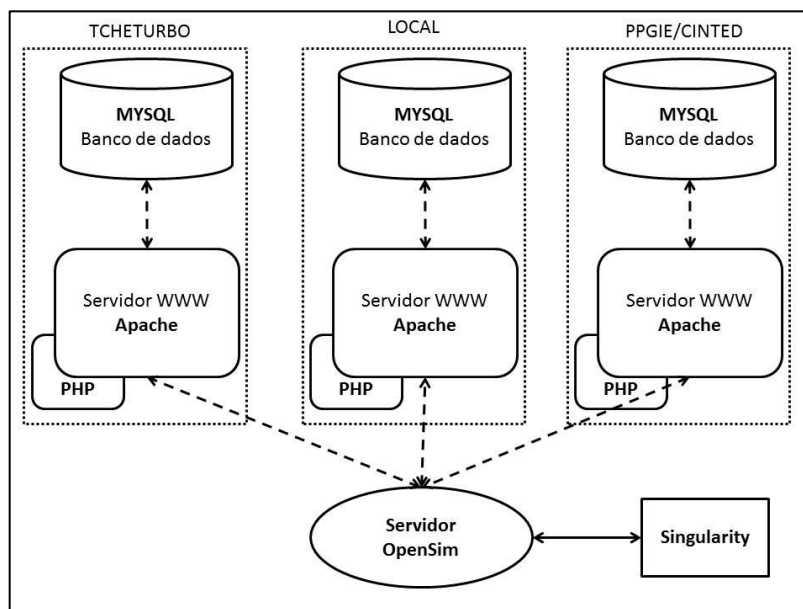
### 5.3.3 Recursos computacionais remotos

Além da gravação das ações do aluno no próprio computador que executa o “simona”, foram disponibilizados outros dois servidores MySQL que também armazenaram os dados dos alunos. Um destes bancos de dados ficou no servidor MySQL do PPGIE/CINTED e o outro ficou no provedor de acesso à internet do qual o autor possui conta. Esta estratégia foi utilizada pensando nos seguintes motivos: (1) possuir mais de uma cópia dos dados, em mais de um local com diferentes condições, permitindo acessar os dados independentes da indisponibilidade dos outros servidores; (2) no caso de perda dos dados de um ou mais alunos no computador do laboratório, poder recuperar os mesmos, evitando o risco de erros de *hardware*, falha humana ou de sistema; (3) testar a estratégia de gravação em múltiplos bancos de dados como uma forma de estudo de melhoria de segurança no armazenamento de dados, a qual pode ser usada no projeto AVATAR (UFRGS, 2017). A Figura 14 demonstra a possibilidade de gravação dos dados resultantes das ações do aluno no Laboratório Educacional Virtual em diferentes bases de dados.

Para a gravação dos dados nestas três bases ser possível, o código LSL dos objetos presentes no OpenSim contou com pequenas alterações, principalmente buscando identificar se havia conexão com o servidor de BD e se a operação de acesso teve sucesso ou não. O código PHP correspondente no servidor Apache também foi ajustado. Em caso de não haver conexão com o respectivo servidor, a operação era cancelada após tempo pré-determinado. Estas tentativas de conexão deixaram o acesso a alguns objetos um pouco mais lentos em

determinados momentos, mas a redução do desempenho não comprometeu o experimento, nem impediu o registro qualquer tipo de informação.

Figura 14: Gravação em múltiplos bancos de dados.



Fonte: Autoria própria.

#### 5.3.4 Configuração do laboratório físico

O acesso aos servidores de banco de dados externos ao laboratório URITec somente foi possível com a reconfiguração de algumas parâmetros de segurança do *firewall*<sup>8</sup> e do *proxy*<sup>9</sup> da URI-FW. Esta alteração foi solicitada junto à Gerência de Redes da URI-FW e permaneceu ativa do período de teste do ambiente computacional até a coleta dos arquivos de registros do OpenSim e das bases de dados dos computadores do URITec.

Para que não houvesse a substituição das informações de um aluno por outro, foi necessário adequar o ambiente computacional para cada sessão de uso. No período anterior à sessão, foi necessário habilitar um avatar e sua senha por computador, executando o OpenSim (simona), executando o XAMPP (o Apache, o MySQL e o PHP), executando o Singularity e deixando o usuário habilitado e preparado para acesso ao OpenSim.

Em consonância com a adequação prévia dos computadores as sessões do experimento, após a realização das três seções foi necessário copiar os arquivos de registros do OpenSim e as tabelas dos bancos de dados de cada computador do URITec. Assim, foi acessada a pasta de instalação do OpenSim e copiado o arquivo “OpenSim.log” de cada estação, adicionando a

<sup>8</sup> Firewall: servidor que possui filtros de pacotes de dados e que possibilitam o acesso aos dados permitidos e impedem o acesso aos dados proibidos (TANENBAUM e WETHERALL, 2011).

<sup>9</sup> Proxy ou cache Web: servidor que mantém armazenados em seu disco as cópias dos conteúdos recentemente solicitados pelos usuários (KUROSE e ROSS, 2010).

identificação de qual computador ele se originava. Também foi acessado o banco de dados MySQL e foram extraídos os dados referentes aos avatares que tinham realizado os registros no computador. Este processo resultou em 26 arquivos contendo de logs do OpenSim e 26 arquivos SQL contendo as informações da base de dados de cada computador. Estes arquivos foram copiados em 2 *pen-drives* e um HD externo para evitar a perda de dados devido a falha de *hardware*. O Quadro 5 apresenta a síntese dos recursos presentes no ambiente computacional.

Quadro 5: Ambiente computacional – recursos e características.

Recurso/Característica	Descrição
Configuração do computador de desenvolvimento	Pentium Dual Core, 2 Gb RAM, 250 Gb HD, Win. 7 Prof. 32 bits, vídeo on-board.
Configuração dos computadores usados nos experimentos	Intel Core i5, 6Gb RAM, 500Gb HD, GeForce GT 430 de 2GB. Monitor 22 pol., Win.7 Prof. 64 bits.
Execução do servidor OpenSim	Local
Modo de instalação	Portável ( <i>Sim-on-a-Stick</i> – <i>simona</i> )
Viewer	Singularity
Servidor WWW	Apache (local)
Servidor de banco de dados	MySql (local – próprio computador; remoto1 – PPGIE/CINTED e remoto2 – TcheTurbo)
Programação WWW	PHP (local)
<i>Firewall e Proxy</i> da rede local da URI-FW	Reconfiguração do servidor para acesso aos endereços PPGIE/CINTED e TcheTurbo Configuração do navegador Web no computador

Fonte: Autoria própria.

## 5.4 Coleta dos dados

Para identificar se os objetivos desta pesquisa foram atingidos, duas formas de coleta de dados foram utilizadas: (1) através de questionários e (2) através de registro digital da movimentação e das interações do avatar no Laboratório Educacional Virtual, ambas descritas na sequência.

### 5.4.1 Questionários

A primeira forma de coleta de dados utilizada nesta pesquisa foi a dos questionários. Para a obtenção de informações antes e após a utilização do Laboratório Educacional Virtual foram estabelecidos cinco questionários: (1) Perfil do aluno, (2) Pré-teste, (3) Pós-teste, (4) Flow e (5) Avaliação do Laboratório Educacional Virtual. Cada questionário é descrito a seguir.

- Perfil do aluno

Este questionário continha 10 questões e identificou qual era a faixa etária e o sexo do público alvo, verificou qual era o domínio, a posse e a frequência de uso das TIC e o local predominante de acesso à Internet para os alunos. O questionário apontou se o aluno realiza práticas em laboratório e com qual frequência; se é um usuário de jogos eletrônicos, com qual frequência ele joga e quais são seus tipos de jogos preferidos. Por fim o aluno foi questionado se utiliza algum Mundo Virtual Digital 3D e com qual frequência.

Devido à diversidade das informações solicitadas e a granularidade esperada, este questionário utilizou escalas diferentes para algumas questões, de modo que as respostas pudessem subsidiar os interesses da pesquisa, mas sem apresentar opções desnecessárias ou que levassem a dúvidas ou questionamentos por parte do aluno. O APÊNDICE D apresenta o questionário com o perfil do aluno completo.

- Pré-Teste

Considerando que o Laboratório Educacional Virtual disponibilizou atividades educacionais que contemplavam conteúdos voltados para experiências práticas no domínio da Física; especificamente na área de Eletrostática, particularizando os conteúdos de Introdução a Eletricidade, Carga Elétrica, Condutores e Isolantes, Eletrização de corpos e Experimentos com eletrização, o pré-teste foi o instrumento utilizado para reconhecer qual o nível de conhecimento prévio dos alunos sobre o tema.

O questionário apresentava 10 questões objetivas contemplando os conteúdos descritos acima e um campo para ser preenchido com o avatar que o aluno havia recebido no início da sessão, possibilitando assim correlacionar as respostas deste questionário com as informações armazenadas no banco de dados para o referido avatar. O APÊNDICE E demonstra o questionário de pré-teste.

- Pós-Teste

A aplicação do questionário de pós-teste permitiu detectar qual o incremento de conhecimento apresentado pelos alunos após a utilização do Laboratório Educacional Virtual; uma vez que o aluno realizou atividades que envolviam os conteúdos descritos logo acima e havia preenchido o questionário de pré-teste, permitindo assim estimar a diferença de acertos e erros nas questões de ambos os questionários.

O pós-teste possui as mesmas questões e formato que o questionário do pré-teste, porém ele foi respondido em outro momento temporal da experiência, após o uso do Laboratório Educacional Virtual. Da mesma forma que no pré-teste, o pós-teste possui um campo para a inserção do avatar do aluno, o qual permitiria relacionar as respostas do questionário com as

informações salvas no banco de dados. Em um âmbito maior, os questionários de pré-teste e pós-teste e as respectivas informações no banco de dados poderiam ser analisadas, constatando assim indícios de variação de desempenho entre o pré-teste e o pós-teste, o uso do Laboratório Educacional Virtual e a influência entre eles. O APÊNDICE F demonstra o questionário de pós-teste.

- Flow

Buscando responder à indagação central desta pesquisa e atingir o objetivo principal desta tese, foi construído um questionário que permitisse identificar a presença do estado de Flow nos alunos durante a utilização do Laboratório Educacional Virtual. Para isto foi construído um questionário que foi adaptado da *Flow State Scale 2* ou FSS2, descrito por Jackson e Eklund (2004).

O questionário de Flow possui 36 questões, com respostas que utilizam a Escala Likert (BERMUDES et al., 2016), em uma pontuação de 1 até 5 para as opções ‘Discordo fortemente’, ‘Discordo’, ‘Não concordo nem discordo’, ‘Concordo’ e ‘Concordo fortemente’, respectivamente. Os alunos deveriam circular ou assinalar de forma inequívoca apenas uma das opções disponíveis. Apesar de não haver um campo para o registro do avatar do aluno, foi solicitado que cada aluno anotasse seu avatar no formulário; para que fosse possível perceber a presença do estado de Flow na experiência e adicionalmente comparar os resultados do pré-teste e do pós-teste e verificar a existência ou não de alguma relação entre eles. O APÊNDICE G descreve o questionário de Flow.

- Avaliação do Laboratório Educacional Virtual

Como forma de determinar se a utilização do Laboratório Educacional Virtual foi satisfatória para os alunos, se apresentou alguma falha ou se precisa de melhorias, foi redigido um questionário para a avaliação dos experimentos, atividades e os demais recursos disponíveis no Laboratório Educacional Virtual.

O questionário continha 10 questões objetivos, utilizando para as resposta a Escala Likert (BERMUDES et al., 2016), tendo as opções ‘Discordo fortemente’, ‘Discordo’, ‘Não concordo nem discordo’, ‘Concordo’ e ‘Concordo fortemente’, para a escala de 1 até 5, respectivamente.

Ainda, havia duas questões descritivas, uma delas solicitando quais os experimentos preferidos do aluno e a outra pedindo uma avaliação do ambiente, onde os alunos poderiam redigir as suas opiniões, percepções e preferências. No início da sessão, durante a descrição do funcionamento do experimento, foi dito aos alunos que estas duas questões eram

opcionais. O APÊNDICE H mostra o questionário de avaliação do Laboratório Educacional Virtual.

- Condução do experimento

Como descrito anteriormente, a pesquisa compreendeu três sessões de um experimento que envolveu a utilização do Laboratório Educacional Virtual por alunos do 1º e 2º Anos do Ensino Médio da Escola de Educação Básica e alunos do 2º Semestre de Ciência da Computação, ambos da URI-FW. Durante as sessões de experimento, foram aplicados os cinco questionários, descritos anteriormente, para os alunos responderem, possibilitando coletar subsídios, que quando analisados, contribuíssem para o alcance dos objetivos propostos na pesquisa.

Para contribuir com o correto preenchimento dos questionários pelos alunos e registrar as percepções dos alunos em relação aos recursos disponibilizados no Laboratório Educacional Virtual, foi estabelecida uma ordem na realização das atividades do experimento e na distribuição dos formulários com as questões durante a realização do mesmo. Em todas as sessões, os alunos foram orientados a levantar a mão quando tivessem terminado de preencher o questionário. O Quadro 6 ilustra esta sequência de atividades.

Quadro 6: Sequência de atividades realizadas nas sessões do experimento.

Atividade	Observação
1 – Recepção dos alunos	1AEM - 08:00hs 2AEM - 15:00hs 2SCC - 19:00hs
2 – Apresentação e explicação do experimento	Após a recepção.
3 – Entrega de avatar e senha para cada aluno	Após a escolha de um computador.
4 – Preenchimento do Perfil do Aluno	Após explicações e confirmação que todos haviam entendido.
5 – Preenchimento do de Pré-Teste	Depois da entrega do Perfil do Aluno.
6 – Utilização do Laboratório Educacional Virtual	Após todos os alunos entregaram o Perfil do Aluno e o Pré-Teste.
7 – Assinalamento do Questionário de Flow	Conforme o aluno terminava o Laboratório Educacional Virtual, levantava a mão e recebia o questionário.
8 – Preenchimento do de Pós-Teste	Após a entrega do Questionário de Flow.
9 – Preenchimento da Avaliação da Experiência.	Após a entrega do Pós-Teste.
10 – Liberação	Após a entrega da Avaliação da Experiência.
11 – Preparação do laboratório	Antes da cada sessão do experimento.

Fonte: Autoria própria.

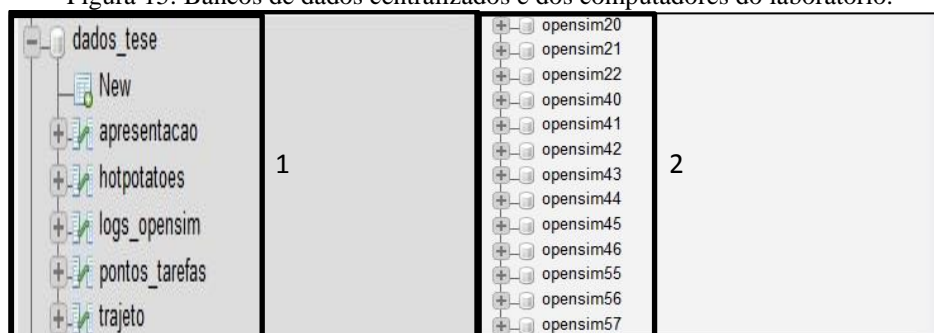


### 5.4.2 Registro digital

A segunda forma de coleta de dados utilizada nesta pesquisa foi o registro digital dos movimentos e das interações dos avatares em banco de dados. Tendo em vista que foram realizadas três sessões de uso do Laboratório Educacional Virtual, foi necessário copiar os registros do banco de dados e do log do OpenSim de cada estação para um dispositivo único, neste caso um HD externo.

A partir dos arquivos de cada estação, as tabelas necessárias foram criadas em uma base de dados única no notebook do pesquisador e os registros correspondentes a cada aluno foram importados para a respectiva tabela. A Figura 15 - detalhe 1 apresenta o banco de dados ‘dados\_tese’, o qual possui as tabelas que contêm a junção dos dados da movimentação e interações do avatar, além dos registros de *login* e *logout* do OpenSim, coletados em todos os computadores do laboratório URITec. Já a Figura 15 - detalhe 2 mostra as bases de dados separadas por estação.

Figura 15: Bancos de dados centralizados e dos computadores do laboratório.



Fonte: autoria própria.

De modo a permitir um melhor entendimento da estrutura de armazenamento dos dados e as possibilidades de organização, seleção, filtragem e agrupamento, as tabelas presentes no banco de dados ‘dados\_tese’ são detalhadas a seguir:

- **‘apresentacao’**: contém o registro das interações realizadas pelo avatar que representa o aluno no Laboratório Educacional Virtual. Os campos de interesse neste trabalho são os que seguem: (I) ‘local’ – identifica o local onde a interação foi executada; (II) ‘nome\_apresentacao’ – experimento ou atividade que o aluno realizou ou objeto com programação reativa às interações do aluno; (III) ‘controle\_acionado’ – controle específico acionado no experimento, atividade ou objeto; (IV) ‘data\_apresentacao’ – data da execução da interação; (V) ‘hora\_apresentacao’ – horário da execução da interação; (VI) ‘id\_avatar’ –

identificação numérica do avatar<sup>10</sup>, em algumas situações nesta pesquisa ele pode conter valores zero; (VII) ‘nome\_avatar’ – nome e sobrenome do avatar; (VIII) ‘presenca’ – campo para registro e detalhamento das interações do avatar; (IX) ‘turma’ – turma a qual o aluno pertence; (X) ‘computador’ – computador utilizado no laboratório. A Figura 16 demonstra os dados da tabela ‘apresentacao’. No detalhe 1 podem ser vistas as interações realizadas pelo avatar ‘aluno24 avatar24’, na Entrada Principal, quando o aluno assistiu ao vídeo de sensibilização, que foi iniciado quando o avatar sentou na cadeira (‘presenca’=1) e foi encerrado quando ele levantou da cadeira (‘presenca’=0), nas datas, horários, turma e computador registrados.

Figura 16: Tabela ‘apresentacao’.

local	nome_apresentacao	controle_acionado	data_apreser	hora_apresentacao	id.	nome_av	prese	turma	computado
PREDIO DO ATOMO	Pagina WWW - Modelos atomicos	Visualizacao	2017-10-18	16:19:29	00	aluno24 avatar24	7	2SCC	opensim61
PREDIO DO ATOMO	Pagina WWW - Modelo atomico de Bohr	Visualizacao	2017-10-18	16:20:00	00	aluno24 avatar24	8	2SCC	opensim61
Entrada Principal	1 Video sensibilizacao	cadeira - sentou	2017-10-18	19:33:17	00	aluno24 avatar24	1	2sCC	opensim61
Entrada Principal	Video sensibilizacao	cadeira - levantou	2017-10-18	19:35:29	00	aluno24 avatar24	0	2sCC	opensim61
Entrada Principal	teletransporte saida	teletransporte	2017-10-18	19:37:11	00	aluno24 avatar24	9	2sCC	opensim61

Fonte: autoria própria.

• **‘hotpotatoes’**: armazena as informações do desempenho dos alunos em um ou mais dos testes disponíveis. Como os testes disponíveis no Laboratório Educacional Virtual foram gerados no Hot Potatoes (HOT POTATOES, 2017), a estrutura desta tabela obedece as suas definições, sendo que as informações de turma e computador foram adicionadas ao formato original. Esta tabela possui os seguintes campos: (A) ‘realname’ – guarda o nome do avatar que preencheu o teste; (B) ‘Exercise’ – o nome do teste respondido; (C) ‘Score’ – desempenho alcançado pelo aluno no preenchimento de cada teste; (D) ‘Start\_Time’ – hora de início do preenchimento; (E) ‘End\_Time’ – hora do fim do preenchimento; (F) ‘Start\_date’ – data do início do preenchimento; (G) ‘End\_date’ – data do fim do preenchimento; (H) ‘turma’ – turma à qual o aluno pertence; (I) ‘computador’ – computador utilizado pelo aluno no laboratório de informática. Na Figura 17 é possível ver a tabela ‘hotpotatoes’ com os dados do aluno representado pelo ‘aluno24 avatar24’.

<sup>10</sup> O ID do avatar é resultado do Account UUID, identificação única atribuída ao avatar no momento de sua criação. Ele é um valor de 128 bits (16 bytes), frequentemente representados como uma sequência de 32 caracteres hexadecimais com quatro traços intercalados (SECOND LIFE, 2015).

Figura 17: Tabela ‘hotpotatoes’.

realname	Exercise	Score	Start_Time	End_Time	Start_Date	End_Date	turma	computador
aluno24 avatar24	CENTRO INFORMACOES - PREDIO DO ATOMO	93	19:40:59	19:42:05	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61
aluno24 avatar24	QUIZ DO ATOMO - PREDIO DO ATOMO	70	19:43:24	19:45:14	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61
aluno24 avatar24	MODELOS ATOMICOS - PREDIO DO ATOMO	86	19:47:10	19:49:36	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61
aluno24 avatar24	ISOLANTES E CONDUTORES	88	19:50:18	19:53:29	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61
aluno24 avatar24	CONDUTORES - TERRA	73	19:55:56	19:58:32	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61
aluno24 avatar24	ELETRIZACAO POR CONTATO E POR INDUCAO	66	19:59:40	20:01:57	2017-10-18	2017-10-18	2sCC	opensim61

Fonte: autoria própria.

• **‘logs\_opensim’**: os horários de *login* e *logout* do avatar foram obtidos através do processamento dos arquivos de logs do OpenSim de cada estação do laboratório URITec. A partir do respectivo arquivo de log, foram selecionadas somente as linhas de *login* e *logout* de cada avatar e as mesmas foram inseridas nesta tabela. A estrutura desta tabela é: (1) ‘nome\_aluno’ – primeiro nome do avatar; (2) ‘turma’ – turma do aluno; (3) ‘data\_login’ – data na qual o avatar efetuou o login; (4) ‘hora\_login’ – hora em que o avatar efetuou o login; (5) ‘data\_logout’ – data na qual o avatar efetuou o logout; (6) ‘hora\_logout’ – hora em que o avatar efetuou o logout; (7) ‘duracao\_login’ – tempo pelo qual o avatar ficou presente no OpenSim; (8) ‘arquivo’ – nome do arquivo a partir de onde foram extraídas estas informações. A estrutura desta tabela pode ser visualizada na Figura 18.

Figura 18: Tabela ‘logs\_opensim’.

nome_aluno	turma	data_login	hora_login	data_logout	hora_logout	duracao_login	arquivo
aluno21	1AEM	2017-10-20	08:16:45	2017-10-20	09:03:55	00:47:10	OpenSim-21.log
aluno22	1AEM	2017-10-20	08:16:37	2017-10-20	09:04:00	00:47:23	OpenSim-22.log
aluno23	2SCC	2017-10-18	19:32:51	2017-10-18	20:05:38	00:32:47	OpenSim-60.log
aluno24	2SCC	2017-10-18	19:32:46	2017-10-18	20:05:49	00:33:03	OpenSim-61.log
aluno25	2AEM	2017-10-18	15:25:30	2017-10-18	16:33:05	01:07:35	OpenSim-62.log
aluno26	2SCC	2017-10-18	19:32:45	2017-10-18	20:30:15	00:57:30	OpenSim-63.log
aluno27	2AEM	2017-10-18	15:44:17	2017-10-18	16:38:43	00:54:26	OpenSim-69.log
aluno28	2AEM	2017-10-18	15:44:17	2017-10-18	16:43:32	00:59:15	OpenSim-68.log
aluno29	2AEM	2017-10-18	15:44:17	2017-10-18	16:29:05	00:44:48	OpenSim-67.log
aluno31	2AEM	2017-10-18	15:44:18	2017-10-18	16:33:46	00:49:28	OpenSim-66.log
aluno32	2AEM	2017-10-18	15:23:38	2017-10-18	16:27:19	01:03:41	OpenSim-65.log
aluno33	2AEM	2017-10-18	15:24:11	2017-10-18	16:32:59	01:08:48	OpenSim-64.log
aluno34	2AEM	2017-10-18	15:44:07	2017-10-18	16:35:58	00:51:51	OpenSim-55.log

Fonte: autoria própria.

• **‘pontos\_tarefas’**: como visto na seção 2.4, a pontuação e os níveis são elementos presentes nas mecânicas utilizadas na gamificação. Esta tabela controla as atividades realizadas pelo aluno (níveis) e a respectiva pontuação. A tabela ‘pontos\_tarefas’ é constituída pelos seguintes campos: (I) ‘nome\_avatar’ – nome e sobrenome do avatar que representa o aluno; (II) ‘tarefas’ – relação com o número de identificação dos experimentos ou atividades

que o aluno realizou; (III) ‘pontos’ – soma dos pontos para a quantidade de experimentos ou atividades realizadas; (IV) ‘turma’ – identifica a turma do aluno; (V) ‘computador’ – indica qual estação de trabalho do laboratório de informática foi usada pelo aluno. A Figura 19 demonstra a tabela ‘pontos\_tarefas’.

Figura 19: Tabela ‘pontos\_tarefas’.

nome_avatar do avatar	1Nome	tarefasString com as tarefas realizadas separadas por &qu...	pontosNumero de pontos acumulados pelo avatar	turma	computador
aluno72	avatar72	2-3-4	3000	1aEM	opensim72
aluno71	avatar71	2	1000	1aEM	opensim71
aluno70	avatar70	2-3-4-5-6-7	6000	1aEM	opensim70
aluno69	avatar69	2-3-4-5-6-7	6000	1aEM	opensim69
aluno68	avatar68	2-3-4-5-6-7	6000	1aEM	opensim68
ALUNO67	AVATAR67	2-3-4-5-7	5000	1aEM	opensim67
aluno66	avatar66	2-3-4-5-6-7	6000	1aEM	opensim66
aluno65	avatar65	2-6-3-4	4000	1aEM	opensim65
aluno64	avatar64	2-6-3-4	4000	1aEM	opensim64
aluno62	avatar62	2-3-4-5-6-7	6000	1aEM	opensim62
aluno61	avatar61	2-3-4	3000	1aEM	opensim61
aluno60	avatar60	2-3-4-6-7	5000	1aEM	opensim60

Fonte: autoria própria.

• **‘trajeto’**: a tabela ‘trajeto’ armazena os pontos de passagem do aluno e o seu respectivo horário – a estratégia de rastreamento utilizada nesta pesquisa pode ser melhor conhecida em Tibola e Tarouco (2015). Assim, a tabela ‘trajeto’ é composta pelos seguintes campos: (A) ‘data\_local\_trajeto’ – data em que o avatar “passou” por aquele ponto do mundo virtual; (B) ‘hora\_local\_trajeto’ – horário em que o avatar “entrou” ou “saiu” do raio de alcance do sensor de presença naquele ponto no ambiente (relacionado com o campo ‘presença\_trajeto’); (C) ‘id\_avatar\_trajeto’ – código de identificação do avatar, em algumas situações ele pode ter valor zero; (D) ‘nome\_avatar\_trajeto’ – nome e sobrenome do avatar; (E) ‘presença\_trajeto’ – indica que o avatar “entrou” (1) ou “saiu” (0) do raio de alcance do sensor de presença; (F) ‘sensorID’ – objeto que contém o código *script* de varredura e a identificação do avatar em determinado local do ambiente; (G) ‘turma’ – turma do aluno; (H) ‘computador’ – estação do laboratório URITec utilizado pelo aluno. A Figura 20 descreve a tabela ‘trajeto’.

Tomando por base a realização das sessões de uso do Laboratório Educacional Virtual e dos dados coletados durante as mesmas, foi possível realizar as análises necessárias para o alcance dos objetivos propostos nesta tese e que são apresentados a seguir.

Figura 20: Tabela 'trajeto'.

data_local_trajeto Tempo no qual o avatar chega ou sai o local no fo...	hora_local_trajeto 1	id_avatar_trajeto Id do avatar	nome_avatar_trajeto Nome do avatar	presenca_trajeto Indica a entrada, saída ou tele transporte do loca...	sensorID Identificação do sensor que efetuou o registro	turma	computador
2017-10-20	08:16:49	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	1	1.01000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:26:03	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	1	1.02000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:26:05	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	0	1.01000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:29:23	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	0	1.02000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:30:11	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	9	1.11000	1AEM	opensim71
2017-10-20	08:30:16	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	1	2.01000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:30:22	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	0	2.01000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:30:33	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	1	2.03000	1aEM	opensim71
2017-10-20	08:30:45	eab08183- f113-4420-8dba- 01fd9d34b9	aluno71 avatar71	0	2.03000	1aEM	opensim71

Fonte: autoria própria.

## **6 ANÁLISES E RESULTADOS**

Este capítulo apresenta a análise dos dados coletados nas três sessões de uso do Laboratório Educacional Virtual pelos alunos do 1º Ano do Ensino Médio (1AEM), 2º Ano do Ensino Médio (2AEM) e pelos alunos do 2º Semestre de Ciência da Computação (2SCC); da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, no Campus de Frederico Westphalen (URI-FW). As análises e os resultados aqui apresentados são provenientes da utilização de duas formas de coleta de dados: (I) os questionários e (II) o registro digital da movimentação e das interações do avatar no Laboratório Educacional Virtual. Nas próximas seções são apresentadas as análises e os clusters realizados, iniciando com revisão de algumas definições.

### **6.1 Análises dos Questionários**

A análise dos questionários compreendeu sua leitura, tabelamento em planilhas, análise e a redação desta seção. Os questionários são analisados de forma geral, considerando o agrupamento das informações das três turmas; e de forma específica, considerando os valores das turmas isoladamente, caso haja relevância neste detalhamento.

#### **6.1.1 Perfil do aluno**

A aplicação de um questionário com questões sobre o perfil do aluno objetivou entender melhor quem eram os alunos, quais os seus interesses e quais as suas preferências, uma vez que estavam envolvidos na pesquisa. Entende-se que quanto mais se conhece sobre o público alvo, maior é a possibilidade de entender por que ele age de determinada maneira, como age e por que faz determinadas escolhas. O questionário do Perfil do Aluno pode ser visto no APÊNDICE D.

Avaliando o questionário do Perfil do Aluno, é possível evidenciar alguns pontos: o público alvo pesquisa é jovem, possuindo entre 15 e 16 anos (60%), que considera ter bom e ótimo domínio tecnológico (76%), possui dispositivo tecnológico móvel (75% para celular, notebook e *tablet*), com o qual se conecta muitas vezes durante o dia à Internet (88%). Estas informações demonstram bem o perfil do indivíduo participante da pesquisa: jovem, usuário tecnológico e permanentemente conectado.

No ambiente escolar, estes estudantes declaram usar os laboratórios de ensino (como os de química, física e informática) com uma frequência semanal de 25% e mensal de 42%, o que permite constatar que possuem acesso a estes recursos e realizam atividades práticas nos laboratórios.

Outro ponto marcante é que os indivíduos são usuários de jogos eletrônicos (71%) e eles jogam diariamente (40%), com preferência para jogos de ação, tiro e aventura (43%), o que confirma a característica de usuário tecnológico para estes indivíduos. Uma descoberta de interesse para esta pesquisa é que somente 2 alunos acessam Mundos Virtuais Digitais 3D, como OpenSim ou SecondLife, sendo que a frequência é semanalmente.

### 6.1.2 Pré-Teste

Antes de apresentar os dados relacionados aos questionários, é necessário considerar um aspecto importante no processo educacional: a avaliação de desempenho do aluno. A métrica do desempenho acadêmico é uma questão que não possui padronização no domínio educacional. As escolas e universidades possuem maneiras diferentes de “medir” ou “quantificar” o desempenho do aluno. Esta pesquisa considera que as Instituições de Ensino Superior podem tratar o desempenho dos acadêmicos como nota ou conceito, estipular maiores ou menores limites para estas métricas, definir números mínimos de avaliações e definir outras normas embasadas em seus projetos político-pedagógicos (PUCRS, 2018; UFRGS, 2018; UPF, 2018; URI, 2018).

Como forma de comparação entre os valores obtidos a partir dos questionários e dos registros digitais, esta pesquisa optou pela forma de avaliação estabelecida na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI, 2018); uma vez que o pesquisador já tinha conhecimento da mesma, executou este processo de avaliação como docente, além de que, os mesmos parâmetros são utilizados na Graduação e no Ensino Médio da URI-FW, onde estava situado o público alvo do experimento. Assim, em relação ao desempenho do aluno e o respectivo resultado (aprovação, reprovação e exame), este texto considera os seguintes valores delimitadores: (I) aprovação – desempenho maior ou igual a 7,0; (II) exame – desempenho menor do que 7,0 e maior ou igual a 5,0; (III) reprovação – menor do que 5,0. Ainda, buscando atender os interesses desta pesquisa, uma outra faixa de valores foi considerada, os desempenhos iguais ou superiores a 9,0; de modo que se pudesse identificar os alunos com desempenho elevado.

O questionário de Pré-Teste, envolveu questões do domínio da Física, em específico na área de Eletrostática, especialmente os conteúdos de Introdução a Eletricidade, Carga Elétrica,

Condutores e Isolantes, Eletrização de corpos e Experimentos com eletrização. As 10 questões apresentadas aos alunos foram construídas de modo que pudessem ser avaliadas isoladamente, em conjunto e ainda relacionadas com os registros digitais produzidos pelos alunos no uso do Laboratório Educacional Virtual.

As questões buscaram identificar no aluno o conhecimento sobre:

Questão 1: compreensão do aluno sobre a composição do átomo.

Questão 2: cargas elétricas de cada componente do átomo.

Questão 3: ocorrência de eletrização.

Questão 4: ocorrência de ionização positiva e negativa.

Questão 5: conhecimento dos modelos atômicos.

Questão 6: alteração da carga elétrica do átomo com perda ou ganho de elétrons.

Questão 7: atração e repulsão de elétrons.

Questão 8: conhecimento de condutores e isolantes.

Questão 9: compreensão de eletrização por contato.

Questão 10: compreensão eletrização por indução.

Após a tabulação do questionário de Pré-teste, obtiveram-se alguns indicadores deste instrumento, os quais são mostrados na Figura 21 e descritos logo após. Como citado anteriormente, o questionário de Pré-Teste pode ser visualizado no APÊNDICE E.

Figura 21: Indicadores do Pré-teste.

Indicador X Turmas	Geral (49 alunos)		1AEM (24 alunos)		2AEM (12 alunos)		2SCC (13 alunos)	
	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%
Mínimo de acertos	4		5		4		4	
Máximo de acertos	10	DP	10	DP	10	DP	9	DP
Média de acertos	7,4	1,78	7,3	1,56	8,4	1,80	6,8	1,76
Maior ou igual a 9,0	15	31%	5	21%	7	58%	3	23%
Maior ou igual a 7 e menor que 8,9	19	39%	11	46%	4	33%	4	31%
Maior ou igual a 5 e menor que 6,9	13	27%	8	33%	0	0%	5	38%
Menor do que 5	2	4%	0	0%	1	8%	1	8%

Fonte: Autoria própria.

Considerando os dados obtidos a partir do questionário de Pré-Teste, podem-se destacar alguns fatos: a grande maioria dos alunos (70%) conseguiu um desempenho maior ou igual a 7,0 pontos, a média geral foi de 7,4 pontos, com o desvio padrão (DP) de 1,78, um valor acima do ponto de aprovação.

### 6.1.3 Questionário de Flow

Como descrito anteriormente, estado de Flow é uma experiência subjetiva e sua mensuração é uma tarefa complexa. Apesar disso, desde o início de suas pesquisas, Csikszentmihalyi já utilizava “*The Flow Questionnaire*” (“*Flow Q*”) ou “O Questionário de



Flow”, em uma tradução livre; o qual consistia em um questionário formado por três declarações sobre o estado de Flow dos entrevistados. Menções à utilização deste questionário foram retiradas das entrevistas originais de Csikszentmihalyi com um compositor, um alpinista e um dançarino (CSIKSZENTMIHALYI e CSIKSZENTMIHALYI, 1988; CSIKSZENTMIHALYI, 2000). Para superar as deficiências do “*Flow Q*” e ampliar a capacidade de avaliação do Flow, Larson e Csikszentmihalyi (1983) desenvolveram o “*The Experience Sampling Method*” (ESM) ou “O Método de Amostragem de Experiência”, em tradução livre. O ESM utilizava um *pager* eletrônico para avisar aos participantes, aleatoriamente, o instante em que deviam responder um questionário.

Já Mayers (1978) elaborou “*The Flow Scale*”, que determina uma medida sobre a frequência com que um indivíduo vivencia cada uma das dimensões do Flow. Por sua vez, Jackson e Marsh (1996), desenvolveram a “*Flow State Scale*” (FSS), ou “Escala de Estado de Flow”, em tradução livre, para medir o estado de Flow em atividades físicas e esportivas; esta escala é obtida através de um questionário composto por 36 questões, que apresentavam uma escala do tipo Likert de 5 pontos para as respostas. Com estrutura semelhante, foi criada a “*Dispositional Flow Scale*” (DFS), ou “Escala de Propensão a Flow”, com foco na verificação da frequência da experiência de Flow. Em seguida, com a intenção de aprimorar ambas as medições de Flow, foram elaboradas a “*Flow State Scale-2*” (FSS-2) e a “*Dispositional Flow Scale-2*” (DSF-2) (JACKSON e EKLUND, 2002). Ainda, Jackson, Martin e Eklund (2008) abreviaram a FSS-2 e a DFS-2 para um questionário de nove itens cada: “*SHORT Flow State Scale*” (S FSS) e “*SHORT Dispositional Flow Scale*” (S DFS), respectivamente.

Assim, para obter uma descrição detalhada das características de Flow, de acordo com o modelo de Flow proposto por Csikszentmihalyi (1990), esta pesquisa utilizou a “*LONG Flow State Scale-2 (FSS-2) – General*”. Uma vez que os instrumentos para mensuração de Flow foram inicialmente desenvolvidos para atividades físicas, as versões gerais desses instrumentos têm pequenas alterações de texto para torná-las adaptáveis a uma ampla variedade de configurações, conforme (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010). A “*LONG Flow State Scale-2*”, referenciada de agora em diante como *Flow State Scale-2* ou FSS-2, possibilita avaliar a experiência de Flow a partir de nove dimensões: equilíbrio entre desafios e habilidades, fusão entre a ação e a consciência, objetivos claros, *feedback* imediato, concentração intensa e focada na tarefa, sensação de controle, perda da autoconsciência reflexiva, distorção da experiência temporal e experiência autotélica (CSIKSZENTMIHALYI, 1990). A FSS-2 é composta por 36 questões objetivas, nas quais o indivíduo deve assinalar uma alternativa dentro de uma escala que varia de 1 até 5, assim

composta: (1) Discordo fortemente, (2) Discordo, (3) Não concordo nem discordo, (4) Concordo e (5) Concordo fortemente (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010). O APÊNDICE G demonstra o Questionário de Flow desenvolvido nesta pesquisa.

Segundo *The FLOW Manual: The Manual for the Flow Scales* (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010), ou Manual de FLOW, como é tratado a partir de agora, a pontuação das dimensões da FSS-2 podem ser marcadas em uma planilha como demonstrado na Figura 22 e assim organizada: (A) as nove dimensões de Flow estão relacionadas na coluna ‘Dimensões da FSS-2’; (B) as quatro questões correspondentes a cada dimensão são identificados por seus números na coluna ‘Itens’; (C) o total das pontuações dos itens para cada dimensão é visto na coluna ‘Total da Dimensão’; (D) a pontuação média do item da dimensão do Flow é determinada na coluna ‘Pontuações médias dos itens’. Se não houver resposta para alguma questão, o calculo usa o número de respostas disponíveis. Uma pontuação total também pode ser obtida pela soma das pontuações médias de cada dimensão de Flow.

Figura 22: Tabela de pontuação da *Flow State Scale-2*.

A	B	C	D
Dimensões da FSS-2	Itens	Total da Dimensão	Pontuações médias dos itens
1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	Q1+Q10+Q19+Q28		
2) Fusão da ação e da consciência	Q2+Q11+Q20+Q29		
3) Objetivos claros	Q3+Q12+Q21+Q30		
4) Feedback imediato	Q4+Q13+Q22+Q31		
5) Concentração intensa e focada na tarefa	Q5+Q14+Q23+Q32		
6) Sensação de controle	Q6+Q15+Q24+Q33		
7) Perda da autoconsciência reflexiva	Q7+Q16+Q25+Q34		
8) Distorção da experiência temporal	Q8+Q17+Q26+Q35		
9) Experiência autotélica	Q9+Q18+Q27+Q36		
Pontuação total da escala (soma da coluna D)			

Fonte: adaptada de Jackson; Eklund e Martin (2010).

A *Flow State Scale-2* é um instrumento de auto relato, projetado para avaliar as experiências de Flow dos indivíduos a partir do Modelo de Nove Dimensões de Flow (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010). As interrogações do Questionário de Flow aplicado nesta pesquisa buscam detectar os pensamentos e sentimentos que o aluno vivenciou durante o manuseio do Laboratório Educacional Virtual. Para isto, o questionário apresenta a sugestão de que o estudante pense em como se sentiu durante o experimento e use a escala em cada questão para classificar a resposta; permitindo assim, identificar suas sensações e sentimentos durante a execução do experimento e qual a sua percepção do estado de Flow neste período de tempo.

Para atribuir uma escala de Flow, tanto para o aluno, em específico, quanto para as dimensões, de forma abrangente; os formulários de Flow preenchidos pelo público alvo foram tabelados, alocando para cada aluno suas 36 questões e a respectiva escala, conforme Jackson;

Eklund e Martin (2010). Na Figura 23 a tabulação de todos os alunos e todas as questões pode ser vista parcialmente.

Os alunos estão dispostos nas linhas e as questões nas respectivas colunas, representadas por ‘Q1’ para a questão 1, ‘Q2’ para a questão 2 e assim por diante. Para cada questão, foi atribuída a escala respondida pelo estudante, numeradas de 1 a 5. A penúltima linha da Figura 23, “Total alternativa”, mostra a soma dos pontos para cada uma das alternativas de cada questão; enquanto a última linha, “Nro respostas” indica a quantidade de vezes a alternativa foi assinala para aquela questão.

Figura 23: Cálculo de Flow – alunos, questões e escalas.

Turma	Indivíduo	Q1				Q2				Q3				Q4				Q5				Q6				Q7										
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
JAEM	aluno69																																			
JAEM	aluno68			4		5			4		5			3			4		5						4							4		5		
JAEM	aluno70			4			2						3				3									2								5		
JAEM	aluno66			3					4				2						4			2						2				3			4	5
JAEM	aluno44			4					3					4					4									3							5	
JAEM	aluno43			4					3					3					4																5	
JAEM	aluno64					5					4					3																				5
JAEM	aluno65					5				5					5						4															5
JAEM	aluno72			4			2						3			2										3									4	
JAEM	aluno41			3					3					3						4																5
JAEM	aluno67					5			3					3						5																5
JAEM	aluno61					5			4				4							4						5			3						5	
JAEM	aluno71			4					5				3							4						5									5	
JAEM	aluno46			4					5					5						4						5									5	
JAEM	aluno45			4		1					2									3					1		2				1		2			4
JAEM	aluno55			3			1								5	1									1											5
JAEM	aluno62			3		4				4										5																5
JAEM	aluno56			2					4						4					4						2									5	
JAEM	aluno57					5		2						3												4									5	
JAEM	aluno42					4			3						3																				5	
JAEM	aluno60			3				2					2												3											4
JAEM	aluno21					5			3				2													3									4	
JAEM	aluno22							5		3																3									4	
JAEM	aluno40					4				4			2												2											5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total alternativa		0	2	27	96	75	2	12	57	56	40	0	20	60	36	50	1	6	36	100	40	2	8	33	80	60	1	4	42	80	60	0	2	15	56	145
Nro respostas		0	1	9	24	15	2	6	19	14	8	0	10	20	9	10	1	3	12	25	8	2	4	11	20	12	1	2	14	20	12	0	1	5	14	29

Fonte: autoria própria.

Após este procedimento, foram agrupadas as 4 questões e suas escalas para as respectivas dimensões de Flow. As escalas de cada questão foram somadas, resultando no total das escalas para a respectiva dimensão. A pontuação de Flow, para cada dimensão, foi obtida através da divisão do total das escalas da dimensão pelo número de questões da dimensão.

Na Figura 24, no detalhe 1, pode-se perceber que o ‘aluno64’ apresentou um total de 19 pontos e escala de Flow de 4,75 para dimensão ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’; somou 13 pontos e escala de Flow de 3,25 para a dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’ e por fim alcançou 12 pontos e escala de Flow de 3,00 para a dimensão ‘Objetivos claros’.

No rodapé da Figura 24 é possível visualizar o campo “Méd. Geral”, onde foi calculada a média aritmética das questões associadas com cada dimensão de Flow, bem como a média aritmética geral de pontos e de Flow para cada uma destas dimensões.

Figura 24: Cálculo de Flow – questões por dimensão.

Dimensão	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades						2) Fusão da ação e da consciência						3)Objetivos claros						
Questões	Q1	Q10	Q19	Q28	Total	FLOW	Q2	Q11	Q20	Q29	Total	FLOW	Q3	Q12	Q21	Q30	Total	FLOW	
aluno69	5	5	5	3	18	4,50	5	5	1	3	14	3,50	3	4	4	4	15	3,75	
aluno68	4	4	4	4	16	4,00	4	4	3	4	15	3,75	3	4	4	4	15	3,75	
aluno70	4	3	4	4	15	3,75	2	2	4	4	12	3,00	3	3	3	3	12	3,00	
aluno66	3	3	3	3	12	3,00	4	3	4	4	15	3,75	2	3	3	3	11	2,75	
aluno44	4	4	4	4	16	4,00	3	1	3	3	10	2,50	4	3	3	4	14	3,50	
aluno43	4	4	4	4	16	4,00	3	3	3	2	11	2,75	3	4	3	4	14	3,50	
aluno64	5	4	5	5	19	4,75	4	2	4	3	13	3,25	3	3	3	3	12	3,00	
aluno65	5	5	5	4	19	4,75	5	4	5	5	19	4,75	5	5	4	4	18	4,50	
aluno72	4	4	3	4	15	3,75	2	4	3	3	12	3,00	3	3	3	3	12	3,00	
aluno41	3	4	4	3	14	3,50	3	4	3	3	13	3,25	3	3	3	3	12	3,00	
aluno67	5	4	3	3	15	3,75	3	3	3	3	12	3,00	3	4	3	3	13	3,25	
aluno61	5	4	5	4	18	4,50	4	4	2	4	14	3,50	4	3	5	4	16	4,00	
aluno71	4	4	4	4	16	4,00	5	4	3	4	16	4,00	3	4	5	3	15	3,75	
aluno46	4	5	4	4	17	4,25	5	3	3	3	14	3,50	5	4	4	5	18	4,50	
aluno45	4	4	4	1	13	3,25	1	4	2	4	11	2,75	2	2	4	3	11	2,75	
aluno55	3	1	1	3	8	2,00	1	2	4	4	11	2,75	5	4	3	2	14	3,50	
aluno62	4	3	5	3	15	3,75	4	3	4	3	14	3,50	5	5	4	4	18	4,50	
aluno56	2	5	3	1	11	2,75	4	3	4	4	15	3,75	4	4	4	4	16	4,00	
aluno57	5	2	3	2	12	3,00	2	4	3	2	11	2,75	3	3	2	4	12	3,00	
aluno42	4	3	4	4	15	3,75	3	3	3	3	12	3,00	3	3	4	3	13	3,25	
aluno60	3	3	2	3	11	2,75	2	2	2	2	8	2,00	2	3	4	2	11	2,75	
aluno21	5	4	4	3	16	4,00	3	3	2	2	10	2,50	2	2	4	4	12	3,00	
aluno22	5	4	4	3	16	4,00	3	4	3	3	13	3,25	2	3	4	4	13	3,25	
aluno40	4	4	3	4	15	3,75	4	3	5	5	17	4,25	2	2	4	2	10	2,50	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Méd. Geral	4,08	3,67	3,84	3,53	15,12	3,78	3,41	3,33	3,51	3,51	13,76	3,44	3,39	3,55	3,69	3,61	14,24	3,56	

Fonte: autoria própria.

Uma vez totalizadas as escalas e calculado o indicador de Flow de cada dimensão, as mesmas foram agrupadas em uma planilha que permitiu o cálculo da escala geral de Flow. O cálculo consistiu em somar as pontuações de todas as dimensões de Flow e dividir pela quantidade de dimensões de Flow. Na Figura 25 pode ser vista parte desta planilha, sendo possível visualizar os alunos no sentido horizontal e no sentido vertical, as nove dimensões de Flow com as respectivas médias e pontuações das dimensões. Com os valores tabelados, passou-se para a interpretação das escalas e da pontuação de Flow. O APÊNDICE I contém a tabela completa com o cálculo de Flow.

Figura 25: Cálculo de Flow – Geral.

Dimensão	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades		2) Fusão da ação e da consciência		3)Objetivos claros		4) Feedback imediato		5) Concentração intensa e focada na tarefa		6) Sensação de controle		7) Perda da autoconsciência reflexiva		8) Distorção da experiência temporal		9) Experiência autotélica		FLOW Geral		Turma
	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	Total	FLOW	TotFlow	MG Flow			
aluno21	16	4,00	10	2,50	12	3,00	13	3,25	12	3,00	13	3,25	11	2,75	13	3,25	17	4,25	29,25	3,25	1aEM
aluno22	16	4,00	13	3,25	13	3,25	14	3,50	11	2,75	12	3,00	16	4,00	12	3,00	16	4,00	30,75	3,42	1aEM
aluno23	13	3,25	11	2,75	10	2,50	11	2,75	8	2,00	11	2,75	12	3,00	9	2,25	11	2,75	24,00	2,67	2sCC
aluno24	18	4,50	19	4,75	20	5,00	17	4,25	19	4,75	20	5,00	18	4,50	20	5,00	20	5,00	42,75	4,75	2sCC
aluno25	14	3,50	17	4,25	13	3,25	15	3,75	15	3,75	15	3,75	16	4,00	20	5,00	16	4,00	35,25	3,92	2aEM
aluno26	18	4,50	16	4,00	12	3,00	11	2,75	17	4,25	16	4,00	19	4,75	12	3,00	14	3,50	33,75	3,75	2sCC
aluno27	14	3,50	15	3,75	16	4,00	14	3,50	16	4,00	16	4,00	20	5,00	15	3,75	19	4,75	36,25	4,03	2aEM
aluno28	18	4,50	13	3,25	13	3,25	15	3,75	15	3,75	13	3,25	15	3,75	12	3,00	13	3,25	31,75	3,53	2aEM
aluno29	16	4,00	16	4,00	16	4,00	16	4,00	15	3,75	16	4,00	16	4,00	13	3,25	16	4,00	35,00	3,89	2aEM
aluno31	15	3,75	13	3,25	15	3,75	13	3,25	14	3,50	14	3,50	12	3,00	15	3,75	16	4,00	31,75	3,53	2aEM
aluno32	20	5,00	20	5,00	20	5,00	19	4,75	17	4,25	16	4,00	20	5,00	20	5,00	17	4,25	42,25	4,69	2aEM
aluno33	16	4,00	13	3,25	17	4,25	15	3,75	16	4,00	16	4,00	17	4,25	12	3,00	14	3,50	34	3,78	2aEM
aluno34	12	3,00	13	3,25	12	3,00	12	3,00	13	3,25	12	3,00	14	3,50	16	4,00	16	4,00	30,00	3,33	2aEM
aluno35	15	3,75	15	3,75	14	3,50	13	3,25	18	4,50	18	4,50	20	5,00	18	4,50	17	4,25	37,00	4,11	2aEM
aluno36	18	4,50	14	3,50	14	3,50	14	3,50	16	4,00	18	4,50	20	5,00	17	4,25	20	5,00	37,75	4,19	2aEM
aluno37	11	2,75	13	3,25	12	3,00	9	2,25	10	2,50	11	2,75	12	3,00	9	2,25	16	4,00	25,75	2,86	2aEM
aluno38	17	4,25	18	4,50	15	3,75	17	4,25	17	4,25	20	5,00	20	5,00	17	4,25	20	5,00	40,25	4,47	2aEM
aluno39	16	4,00	13	3,25	12	3,00	15	3,75	17	4,25	19	4,75	17	4,25	16	4,00	19	4,75	36,00	4,00	2sCC
aluno40	15	3,75	17	4,25	10	2,50	8	2,00	10	2,50	19	4,75	16	4,00	12	3,00	16	4,00	30,75	3,42	1aEM
aluno41	14	3,50	13	3,25	12	3,00	16	4,00	14	3,50	15	3,75	19	4,75	13	3,25	18	4,50	33,50	3,72	1aEM
aluno42	15	3,75	12	3,00	13	3,25	13	3,25	12	3,00	14	3,50	12	3,00	14	3,50	15	3,75	30,00	3,33	1aEM
aluno43	16	4,00	11	2,75	14	3,50	16	4,00	13	3,25	16	4,00	19	4,75	19	4,75	18	4,50	35,50	3,94	1aEM
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Méd. Geral	15,12	3,78	13,76	3,44	14,24	3,56	14,18	3,55	14,02	3,51	15,33	3,83	16,69	4,17	14,27	3,57	16,39	4,10	33,50	3,72	

Fonte: autoria própria.

A interpretação das escalas e da pontuação de Flow, segundo Jackson; Eklund e Martin (2010) iniciam pelos seus valores mínimo e máximo: a pontuação mais baixa possível nas escalas de Flow é 1, com o máximo de 5. As pontuações podem ser facilmente interpretadas

de encontro com as grades da resposta. Por exemplo, uma pessoa que preenche as questões é convidada a indicar a extensão da sua concordância para cada item, selecionando a categoria de resposta mais apropriada, que varia de 1 (discorda fortemente) a 5 (concorda fortemente).

Portanto, os valores médios inferiores do item indicam um maior grau de desacordo com as declarações propostas e os valores médios mais altos do item indicam um maior grau de concordância com as declarações propostas. A baixa concordância com as declarações indicativas para uma característica de Flow sugere que a experiência da pessoa não era substancialmente semelhante ao estado de Flow. Por outro lado, a forte concordância com as declarações dos itens indica que o indivíduo estava passando por uma experiência substancialmente semelhante ao estado de Flow (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010, p. 17).

A pontuação média de '3' nas escalas do estado de Flow representa uma opção "Não concordo nem discordo". Esta pontuação moderada pode indicar algum grau de endosso do item, mas, no entanto, também poderia indicar alguma ambiguidade em relação à relevância do item para a experiência da pessoa na atividade que está sendo considerada. No entanto, é razoável interpretar as pontuações de nível moderado como não sendo um forte indicativo que a pessoa tenha experimentado a característica de Flow, nem um forte indicativo de que a experiência da pessoa não incluía a característica de Flow avaliada (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010, p. 18).

Tendo respeitado as orientações do Manual de FLOW (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010) para a construção, aplicação, tabelamento e análise do Questionário de Flow, foi possível fazer as constatações e descobertas relatadas a seguir.

Inicialmente, a identificação de quando o indivíduo "entra" em estado de Flow não é explicitamente definida no Manual de FLOW; uma vez que ele relata que "a baixa concordância com as declarações indicativas, para uma característica de Flow, sugere que a experiência da pessoa não era substancialmente semelhante ao estado de Flow" (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010, p. 17), porém não especifica "qual é a escala" para a "baixa concordância", deixando este indicador em aberto.

Ainda, o Manual de FLOW descreve que "a forte concordância com as declarações dos itens indica que o indivíduo estava passando por uma experiência substancialmente semelhante ao estado de Flow" (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010, p. 17), mas da mesma forma que a baixa concordância, não define "qual é a escala" para a "forte concordância". Também, há uma referência à escala 3, intermediária, como podendo ou não indicar ocorrência de Flow. Pode-se entender que a baixa concordância seja abaixo da escala

3 e a forte concordância acima da escala 3, mas o Manual de FLOW não é conclusivo há este respeito.

Assim, esta pesquisa considerou que a escala 3,5 representa adequadamente a percepção do estado de Flow. Uma vez que a FSS-2 utiliza a escala Likert de um a cinco, sendo que a média é três, então, segundo o Manual de FLOW (JACKSON; EKLUND e MARTIN, 2010, p. 17), nem concordância e nem discordância com o enunciado. Desta forma, as médias superiores a três indicam predominante concordância para a ocorrência de um comportamento na maioria das vezes (ALBA; TOIGO e MACKE, 2009). Esta suposição está apoiada em situações semelhantes descritas na literatura (CARVALHO, 2016; ALBA; TOIGO e MACKE, 2009; STRASSBURGER e MACKE, 2012).

#### 6.1.3.1 Análise das escalas das dimensões de Flow

Uma vez que as escalas de Flow foram estabelecidas, foi possível diferenciar a representatividade das dimensões de Flow para o universo dos indivíduos entrevistados. Para dar credibilidade às análises, foi calculada a confiabilidade interna das escalas das dimensões de Flow, tendo o coeficiente Alfa de Cronbach atingido 0,86; sendo considerada uma boa consistência interna (COSTA, 2011; HAIR et al., 2005; GEORGE e MALLEY, 2003 apud GLIEM e GLIEM, 2003). A Figura 26 apresenta as dimensões, sua escala de Flow e o respectivo desvio padrão (DP).

Figura 26: Médias e desvio padrão das dimensões de Flow para todos os alunos.

<b>Dimensão de Flow</b>	<b>Flow</b>	<b>DP</b>
7) Perda da autoconsciência reflexiva	4,17	0,70
9) Experiência autotélica	4,10	0,65
6) Sensação de controle	3,83	0,67
1) Equilíbrio entre desafios/habilidades	3,78	0,60
8) Distorção da experiência temporal	3,57	0,86
3) Objetivos claros	3,56	0,63
4) Feedback claro e imediato	3,55	0,70
5) Concentração intensa e focada na tarefa	3,51	0,83
2) Fusão da ação e da consciência	3,44	0,63

Fonte: autoria própria.

Considerando todo o público alvo da pesquisa, a média geral das dimensões de Flow foi de 3,72 pontos (DP = 0,48), sendo que quatro das dimensões ficaram acima desta média. Observou-se que a maior escala dentre as dimensões foi 4,17 pontos para a dimensão ‘Perda da autoconsciência reflexiva’. Acredita-se que o valor da escala desta dimensão se deve as características próprias do mundo virtual 3D (imersão, realismo e interação, as quais são descritas na seção 2.1.1); e a capacidade do Laboratório Educacional Virtual capturar a

atenção do aluno, uma vez que na sua construção foram utilizados os princípios da gamificação, através da metodologia ARCS (KELLER, 2010). Assim, o ambiente virtual absorveu a atenção do aluno de tal forma que ele se sentiu tele transportado para o Laboratório Educacional Virtual e a sensação foi tão agradável que o aluno só se interessava pelo que ele estava fazendo, a ponto de sentir-se unido com o ambiente virtual 3D.

A dimensão ‘Experiência autotélica’ apresentou a segunda maior escala: 4,10 pontos. Acredita-se que esta dimensão recebeu esta escala por que os alunos participaram do uso do Laboratório Educacional Virtual de forma voluntária, sabendo que não haveria recompensa material. Nesta dimensão, a recompensa intrínseca era o benefício que o aluno poderia esperar: a própria satisfação de ter participado, realizado as tarefas e ter cumprido os objetivos.

A terceira maior escala, de 3,78 pontos, foi atribuída para a dimensão ‘Sensação de controle’, que o autor considera que também se deve ao formato da construção do ambiente; uma vez que a interação com os objetos presentes no Laboratório Educacional Virtual proporcionava a reação esperada pelo aluno, e as informações eram apresentadas de forma clara e imediata. Desta forma a percepção da “possibilidade” de controle era forte nos alunos.

Já a dimensão ‘Equilíbrio entre desafios/habilidades’ teve escala de 3,78. Nesta dimensão se presume que os alunos identificaram que o nível de dificuldade das atividades propostas no ambiente virtual estava de acordo com o nível das habilidades que eles possuíam; permitindo assim que realizassem as atividades e evoluíssem no percurso do ambiente.

A escala da dimensão ‘Distorção da experiência temporal’ foi de 3,57 pontos. A sensação de que o tempo parece não passar do modo em que normalmente acontece que o tempo passa mais rápido ou mais devagar, é a tônica desta dimensão. Julga-se que devido às características de imersão, realismo, e interação; ao prazer sentido nas atividades; a sensação de controle do ambiente; e a possibilidade de realizar as atividades, tornou a percepção da passagem do tempo diferente da medida cronológica do relógio.

Por sua vez, se crê que a pontuação da dimensão ‘Objetivos claros’ (3,56 pontos) e da dimensão ‘*Feedback* claro e imediato’(3,55 pontos) se deve às informações claras e objetivas apresentadas antes das atividades, bem como as mensagens correspondentes ao resultado das interações do aluno com o objeto.

Ainda, para a dimensão ‘Concentração intensa e focada na tarefa’, com escala de 3,51 pontos, se julga que o foco na tarefa executada naquele momento tenha consumido grande

parte da atenção do aluno, de modo que ele tinha pouco espaço na sua memória de trabalho para outra atividade.

Por fim, a dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’ apresentou a menor escala dentre as dimensões: 3,44 pontos. Para esta dimensão era esperado que a atenção do aluno estivesse completamente absorvida pela atividade e que toda sua atenção fosse concentrada nos estímulos pertinentes à realização das atividades propostas. O autor supõe que para esta escala ser a mais baixa, os alunos experimentaram pequenas doses de tédio ou ansiedade durante o uso do LEV, impedindo que sua atenção fosse totalmente direcionada para as atividades. Mesmo assim, a dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’ apresentou uma escala maior do que 3,0, podendo ser considerada positiva para o estado de Flow, conforme descrito anteriormente.

Como um dos objetivos desta tese é identificar a influência do Flow no desempenho dos alunos, foram selecionados os alunos que auto relataram as maiores escalas de Flow, e, ao mesmo tempo, responderam todos os seis testes propostos. Estes alunos são os seguintes: aluno24, aluno69, aluno68, aluno53, aluno43, aluno49, aluno62, aluno44, aluno28, aluno70 e aluno66, e daqui em diante serão referenciados como GA11. Estes alunos serão melhor descritos na seção 6.1.3.2.

Deste modo, para os alunos do GA11, a classificação, pela escala, de algumas dimensões de Flow se mostrou um pouco diferente da classificação apresentada para todos os alunos e está destacada em tom mais escuro na Figura 27. A média geral das dimensões de Flow para o grupo de alunos do GA11 foi de 3,88 pontos (DP=0,44). O coeficiente Alfa de Cronbach para este grupo de alunos foi de 0,89.

Figura 27: Médias e desvio padrão das dimensões de Flow para GA11.

<b>Dimensão de Flow</b>	<b>Flow</b>	<b>DP</b>
7) Perda da autoconsciência reflexiva	4,32	0,48
9) Experiência autotélica	4,27	0,54
1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	3,93	0,44
8) Distorção da experiência temporal	3,93	0,65
4) Feedback imediato	3,82	0,56
6) Sensação de controle	3,82	0,66
3) Objetivos claros	3,75	0,63
5) Concentração intensa e focada na tarefa	3,64	0,80
2) Fusão da ação e da consciência	3,43	0,57

Fonte: autoria própria.

Pode-se perceber que, semelhantemente à análise de todos os alunos, as dimensões com maiores escalas continuaram sendo: ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ e ‘Experiência autotélica’. As dimensões com menores escalas também continuaram as mesmas:



‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Fusão da ação e da consciência’. Nas dimensões assinaladas na Figura 27 aconteceram nas demais dimensões, sendo que ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ e ‘Distorção da experiência temporal’ são melhor auto relatadas pelos alunos do GA11, o que leva a crer que na percepção destes alunos, eles eram mais capazes de fazer as tarefas do que demonstrado na percepção de todos os alunos, e isto tomou a atenção deles de forma que a sensação da passagem do tempo foi diferente daquela do relógio. Ainda, o ‘*Feedback* imediato’ teve sua auto percepção aumentada, e as dimensões ‘Sensação de controle’ e ‘Objetivos claros’ foram reposicionadas, o que mostra uma maior proximidade entre estas dimensões, proximidade esta indicada conceitualmente por Csikszentmihalyi (1990) e através das correlações entre elas. As correlações das nove dimensões de Flow são apresentadas a seguir.

Para analisar as dimensões de Flow, foi calculado o coeficiente da correlação de Pearson de cada uma das dimensões em relação às demais. (COSTA, 2011; HAIR et al., 2005). Para as análises de correlação é pertinente lembrar que entre os índices da correlação, surgem fatores de correlação positivos, ou seja, o crescimento em dada questão é diretamente proporcional à questão que está sendo correlacionada; e fatores de correlação negativos, ou seja, o crescimento em dada questão é inversamente proporcional. Também, os coeficientes de correlação maiores que 0,5 podem ser considerados índices de correlação de força associativa moderada ou alta. O nível de significância adotado em nas análises foi de  $p < 0,05$  (HAIR et al., 2005). Assim, foram destacados os índices maiores que 0,5 nas figuras que apresentam as correlações de Pearson. A Figura 28 apresenta a matriz destas correlações para o público alvo inteiro.

Figura 28: Correlação de Pearson das dimensões de Flow - Todos (n=49), ( $p < 0,05$ ).

DIMENSÕES DE FLOW		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Equilíbrio entre desafios e habilidades	1	1,00								
Fusão da ação e da consciência	2	0,43	1,00							
Objetivos claros	3	0,42	0,46	1,00						
Feedback imediato	4	<b>0,60</b>	0,33	<b>0,73</b>	1,00					
Concentração intensa e focada na tarefa	5	<b>0,64</b>	0,36	<b>0,51</b>	<b>0,68</b>	1,00				
Sensação de controle	6	0,42	0,45	0,42	<b>0,51</b>	<b>0,62</b>	1,00			
Perda da autoconsciência reflexiva	7	0,24	0,37	0,22	0,19	0,29	<b>0,52</b>	1,00		
Distorção da experiência temporal	8	0,32	0,29	0,12	0,31	0,43	0,29	0,19	1,00	
Experiência autotélica	9	<b>0,53</b>	0,26	0,19	0,41	<b>0,61</b>	0,47	0,25	<b>0,61</b>	1,00

Fonte: autoria própria.

Desta maneira, quando se analisa a correlação entre as dimensões, verifica-se a existência de coeficientes significativos. Primeiramente, a dimensão ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ possui uma correlação moderada com ‘Concentração intensa e focada na tarefa’, ‘*Feedback* imediato’ e ‘Experiência autotélica’. Para o autor, estas correlações podem

ser interpretadas da seguinte forma: o equilíbrio entre desafios e habilidades deu autoconfiança aos alunos, e juntamente com o recebimento de *feedback* imediato na realização das atividades, permitiu que os alunos se concentrasse fortemente, sentindo assim prazer e satisfação com o resultado das próprias atividades.

A correlação, de moderada para forte, entre a dimensão '*Feedback* imediato' com 'Equilíbrio entre desafios e habilidades' e com 'Objetivos claros', apresenta para a última dimensão, a mais alta correlação de toda a matriz, com o coeficiente de 0,73. Esta correlação está de acordo com a Teoria de Flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990), que descreve estas três dimensões como aquelas que criam as condições para a entrada no estado de Flow. Também a dimensão 'Concentração intensa e focada na tarefa' está moderadamente correlacionada com 'Equilíbrio entre desafios e habilidades', 'Objetivos claros', e '*Feedback* imediato', demonstrando que a concentração intensa é resultado dos alunos terem vivenciado o estado de Flow, o qual foi propiciado pelas três últimas dimensões, uma vez que os alunos sabiam o que fazer, entenderam que possuíam condições de realizar as tarefas e tiveram orientação de que estavam no caminho certo para alcançar os objetivos ou não (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

Agora, observando a correlação moderada entre a dimensão 'Sensação de controle' com as dimensões '*Feedback* imediato' e 'Concentração intensa e focada na tarefa correlacionada', entendeu-se que o *feedback* impulsionou o autocontrole dos alunos, que por sua vez alimentou a concentração do aluno na tarefa, o que despertou no aluno a sensação de 'exercer' o controle sobre as atividades e o mundo virtual. Já a correlação moderada entre 'Perda da autoconsciência reflexiva' e 'Sensação de controle' indica que quando os alunos sentiram-se no controle das ações, o que os levou a uma sensação de imersão tão grande, que eles perceberam-se unidos ao ambiente virtual (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

Outra correlação moderada percebida é a da dimensão 'Experiência autotélica' com as dimensões 'Equilíbrio entre desafios e habilidades', 'Concentração intensa e focada na tarefa' e 'Distorção da experiência temporal'; a qual leva a supor que uma vez que a experiência autotélica possui motivações intrínsecas; então, o equilíbrio entre as capacidades dos alunos e os desafios do ambiente os induziu a se concentrar tão profundamente que o tempo percebido foi diferente do tempo relógio (NAKAMURA e CSIKSZENTMIHALYI, 2014).

Porém, quando calculada a correlação de Pearson para os alunos do GA11, obtiveram-se índices distintos da correlação de Pearson para todos os alunos, como visto na Figura 29. Estes índices permitem um melhor entendimento do grupo de alunos que declarou o estado de Flow e preencheu todos os testes.

Figura 29: Correlação de Pearson das dimensões de Flow - GA11 (n=11),  $p < 0,05$ .

DIMENSÕES DE FLOW		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Equilíbrio entre desafios e habilidades	1	1,00								
Fusão da ação e da consciência	2	0,09	1,00							
Objetivos claros	3	0,35	<b>0,58</b>	1,00						
Feedback imediato	4	<b>0,61</b>	0,33	<b>0,72</b>	1,00					
Concentração intensa e focada na tarefa	5	<b>0,65</b>	<b>0,51</b>	<b>0,71</b>	<b>0,85</b>	1,00				
Sensação de controle	6	<b>0,62</b>	0,28	<b>0,73</b>	<b>0,72</b>	<b>0,58</b>	1,00			
Perda da autoconsciência reflexiva	7	0,37	-0,11	0,43	<b>0,57</b>	0,23	<b>0,83</b>	1,00		
Distorção da experiência temporal	8	0,30	0,38	0,33	0,42	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	0,36	1,00	
Experiência autotélica	9	0,34	0,21	0,44	0,42	0,34	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,72</b>	1,00

Fonte: autoria própria.

A convergência das dimensões de Flow para os alunos do GA11 apresenta uma correlação moderada da dimensão ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ com as dimensões ‘Feedback imediato’, ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Sensação de controle’, sendo que a última dimensão substituiu a dimensão ‘Experiência autotélica’, em uma comparação com a correlação para todos os alunos. A interpretação do autor para esta alteração é que, ao invés da satisfação pessoal, associada com a dimensão ‘Experiência Autotélica’, os alunos do GA11 se dedicaram a alcançar os resultados pessoais, uma vez que ficaram confiantes ao perceberem a ‘possibilidade’ de controlar suas ações, relacionada com a dimensão ‘Sensação de Controle’. Esta suposição é suportada nas afirmações de Csikszentmihalyi (1996), que quando o indivíduo percebe a ‘possibilidade’ de controle, ele se sente tranquilo, e ao invés de se preocupar com o fracasso, ele foca sua atenção e energia intensamente nas tarefas necessárias para atingir seus objetivos.

Uma correspondência inexistente na correlação de todos os alunos e presente na correlação dos alunos do GA11 é a correlação de ‘Objetivos claros’ e ‘Fusão da ação e da consciência’, que mesmo moderada; demonstra que a clareza do que deve ser feito (dimensão ‘Objetivos claros’), influenciou os alunos do GA11 para agirem de forma que as ações e a consciência da execução destas ações fossem misturadas (dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’).

Diferentemente das duas convergências anteriores, a correlação entre a dimensão ‘Feedback imediato’ com as dimensões ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ e ‘Objetivos claros’ para os alunos do GA11 apresenta grande similaridade com a mesma correlação calculada para todos os alunos, o que confirma novamente que estas três dimensões facilitaram aos alunos entrarem no estado de Flow.

Por sua vez, a dimensão ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ que apresentava correlações moderadas para todos os alunos, agora exhibe, para os alunos do GA11, correlações de moderada para forte. A dimensão ‘Concentração intensa e focada na tarefa’

possui conexão com as dimensão, ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Fusão da ação e da consciência’, ‘Objetivos claros’ e ‘*Feedback* imediato’ (maior coeficiente desta matriz – 0,85). Se comparada as correlações de todos os alunos com a dos alunos do GA11, percebe-se que, além da adição da dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’, novamente se confirmou que as dimensões de ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Objetivos claros’ e ‘*Feedback* imediato’ propiciam ao aluno alcançar o estado de Flow e em decorrência promovem uma profunda absorção nas atividades momentâneas. Estas correlações evidenciam que os alunos do GA11 tiveram uma clara e consistente percepção de Flow, comprovada pelas correlações de moderadas para fortes, evidenciadas pelas dimensões ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Objetivos claros’ e ‘*Feedback* imediato’ como criadoras das condições para a entrada no estado de Flow, e as dimensões ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Fusão da ação e da consciência’ sendo vivenciadas durante o estado de Flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

Outra dimensão observada foi a ‘Sensação de controle’, que denotou correlações, de moderadas para fortes, com as dimensões que oportunizam as condições de Flow: ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Objetivos claros’ (esta duas dimensões adicionadas na impressão dos alunos do GA11), ‘*Feedback* imediato’ e ‘Concentração intensa e focada na tarefa’. Aqui, também se percebe que a possibilidade de realizar as atividades de forma autônoma, com metas definidas e retroalimentação do desempenho imediata, levaram os membros do GA11 a constatar “possibilidade” no controle dentro do ambiente virtual e agir prontamente nas tarefas, buscando atingir suas metas.

A dimensão ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ revelou uma correlação moderada com a dimensão ‘*Feedback* imediato’ e uma correlação forte com ‘Sensação de controle’. Em comparação com a correlação de todos os alunos, a primeira correlação é nova e demonstra que os alunos da GA11 se importaram em saber como estava seu desempenho. Já a segunda correlação retrata um crescimento considerável em seu coeficiente, confirmando o que já havia sido detectado na correlação para todos os alunos: que os alunos perceberam-se no controle das ações, vivenciaram tão profunda imersão que se sentiram fundidos com o ambiente virtual (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

Já a dimensão ‘Distorção da experiência temporal’, que não apresentou correlações nos cálculos para todos os alunos, agora apresenta correlações moderadas com as dimensões ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Sensação de controle’. Entende-se que estas associações estão fundamentadas na argumentação de que os indivíduos em estado de Flow

relatam que a passagem do tempo percebido e do tempo cronológico é diferente (CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

Por fim, a dimensão ‘Experiência autotélica’ retrata uma alteração com as dimensões que ela possui correlação para o GA11, bem como a intensidade desta correlação. Enquanto na correlação com todos os alunos a dimensão ‘Experiência autotélica’ apresentou correlação moderada com ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Distorção da experiência temporal’; na correlação com o GA11, a dimensão ‘Experiência autotélica’ evidenciou correspondência forte com as dimensões ‘Sensação de controle’, ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ e ‘Distorção da experiência temporal’ (a única que se repete em ambas as correlações). O autor atenta para o fato da dimensão ‘Experiência autotélica’ estar ligada com a motivação intrínseca, assim, a busca pela satisfação pessoal, apoiada pela ‘possibilidade’ de controle levaram estes alunos à concentração profunda e a experimentar as dimensões ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ e ‘Distorção da experiência temporal’ (NAKAMURA e CSIKSZENTMIHALYI, 2014).

É pertinente destacar algumas observações entre a correlação de todos os alunos e a correlação do GA11, tais como: enquanto na primeira correlação o maior coeficiente é 0,73, entre as dimensões ‘*Feedback* imediato’ e ‘Objetivos claros’, na segunda, o maior coeficiente é 0,85 para as dimensões ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘*Feedback* imediato’. Esta alteração pode ter ocorrido por que, na primeira correlação, a impressão de todos os alunos era usar o retorno do desempenho em uma atividade para avançar para a próxima, buscando validar, em cada etapa, se os objetivos em relação ao desempenho anterior tinham sido alcançados. Já na segunda correlação, para os alunos do GA11, o retorno do desempenho em uma atividade era usado para verificar o alcance do objetivo naquela etapa; mas principalmente, para dar apoio para a realização da próxima tarefa, objetivando um fim maior do que apenas o objetivo momentâneo, o que levou ao aprofundamento da concentração nas atividades com vistas ao objetivo final.

Na convergência dos dados de todos os alunos, a dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’ não se correlaciona com as outras dimensões, o que indica que os alunos não sentiram que as atividades foram realizadas de modo espontâneo; quase que de forma automática, e que deixam de ser conscientes de si mesmos. Esta falta de relação pode mostrar uma relativa falta de equilíbrio entre desafios e habilidades ou ainda a falta de atenção (CSIKSZENTMIHALYI, 1996). Já na correspondência dos alunos do GA11, a dimensão ‘Fusão da ação e da consciência’ se correlaciona com as dimensões ‘Objetivos claros’ e

‘Concentração intensa e focada na tarefa’, o que leva a crer que a compreensão clara dos objetivos possibilitou intensificação da atenção (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

Da mesma forma, a dimensão ‘Distorção da experiência temporal’ apresentou apenas uma correlação com ‘Experiência autotélica’ nos cálculos de todos os alunos. Já para os alunos do GA11, ‘Distorção da experiência temporal’ ainda apresenta a correlação com a ‘Experiência autotélica’, mais as dimensões ‘*Feedback* imediato’ e ‘Concentração intensa e focada na tarefa’.

Por fim, é possível perceber que é a correlação negativa entre as dimensões ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ e ‘Fusão da ação e da consciência’, na correlação do GA11, apresentou correlação positiva, mesmo que fraca, na análise de todos os alunos.

#### 6.1.3.2 Análise das escalas de Flow dos alunos

Examinando as tabulações da escala de Flow para o público alvo, observou-se a presença do aluno55 com a escala de Flow mínima, 2,50 pontos. Também se observou o aluno24 com escala de Flow máxima de 4,75, bem como a média geral da escala de Flow dos indivíduos pesquisados ficou em 3,72 pontos (DP = 0,48). A escolha de definir em 3,5 pontos a escala de entrada no estado de Flow para esta pesquisa, como justificado na seção 6.1.3, fornece intervalos com os quais é possível fazer análises e relações com outros dados pesquisados. A Figura 30 exibe quantos alunos obtiveram pontuação dentro dos intervalos estabelecidos.

Figura 30: Quantidade de alunos por intervalo das escalas de Flow.

Intervalo	Qtd de alunos	% do total
De 4 à 5	14	29%
De 3,5 à 3,9	21	43%
De 3 à 3,4	10	20%
De 2 à 2,9	4	8%
De 1 à 1,9	0	0%
De 0 à 0,9	0	0%
Total	49	100%

Fonte: autoria própria.

Ainda, é possível visualizar na Figura 31 a escala de Flow em cada uma das dimensões, bem como a média geral da escala de Flow para cada aluno.

Considerando os intervalos das escalas de Flow apresentados anteriormente, pode-se constatar que mais de 70% dos estudantes autodeclararam ter percebido o estado de Flow. Ainda assim, esta pesquisa classificou os alunos em um grupo que atendessem dois requisitos:

(I) percepção do estado de Flow e (II) preenchimento de todos os testes propostos. O preenchimento dos testes foi fundamental para esta pesquisa, uma vez que eles fornecem uma métrica para estabelecer o desempenho do aluno no Laboratório Educacional Virtual e também permitem a análise e comparação com os dados dos questionários. Assim, os 11 alunos que atendiam estes requisitos foram agrupados e estudados. Este grupo já foi denominado anteriormente como GA11 e representa 22% do universo de indivíduos da pesquisa. A Figura 32 mostra o GA11, identificando o aluno, seus respectivos Flow, desempenho e a quantidade de testes respondidos no Laboratório Educacional Virtual.

Figura 31: Escalas de Flow para cada aluno.

Aluno	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	2) Fusão da ação e da consciência	3) Objetivos claros	4) Feedback imediato	5) Concentração intensa e focada na tarefa	6) Sensação de controle	7) Perda da autoconsciência reflexiva	8) Distorção da experiência temporal	9) Experiência autotélica	FLOW Geral
aluno21	4,00	2,50	3,00	3,25	3,00	3,25	2,75	3,25	4,25	3,25
aluno22	4,00	3,25	3,25	3,50	2,75	3,00	4,00	3,00	4,00	3,42
aluno23	3,25	2,75	2,50	2,75	2,00	2,75	3,00	2,25	2,75	2,67
aluno24	4,50	4,75	5,00	4,25	4,75	5,00	4,50	5,00	5,00	4,75
aluno25	3,50	4,25	3,25	3,75	3,75	3,75	4,00	5,00	4,00	3,92
aluno26	4,50	4,00	3,00	2,75	4,25	4,00	4,75	3,00	3,50	3,75
aluno27	3,50	3,75	4,00	3,50	4,00	4,00	5,00	3,75	4,75	4,03
aluno28	4,50	3,25	3,25	3,75	3,75	3,25	3,75	3,00	3,25	3,53
aluno29	4,00	4,00	4,00	4,00	3,75	4,00	4,00	3,25	4,00	3,89
aluno31	3,75	3,25	3,75	3,25	3,50	3,50	3,00	3,75	4,00	3,53
aluno32	5,00	5,00	5,00	4,75	4,25	4,00	5,00	5,00	4,25	4,69
aluno33	4,00	3,25	4,25	3,75	4,00	4,00	4,25	3,00	3,50	3,78
aluno34	3,00	3,25	3,00	3,00	3,25	3,00	3,50	4,00	4,00	3,33
aluno35	3,75	3,75	3,50	3,25	4,50	4,50	5,00	4,50	4,25	4,11
aluno36	4,50	3,50	3,50	3,50	4,00	4,50	5,00	4,25	5,00	4,19
aluno37	2,75	3,25	3,00	2,25	2,50	2,75	3,00	2,25	4,00	2,86
aluno38	4,25	4,50	3,75	4,25	4,25	5,00	5,00	4,25	5,00	4,47
aluno39	4,00	3,25	3,00	3,75	4,25	4,75	4,25	4,00	4,75	4,00
aluno40	3,75	4,25	2,50	2,00	2,50	4,75	4,00	3,00	4,00	3,42
aluno41	3,50	3,25	3,00	4,00	3,50	3,75	4,75	3,25	4,50	3,72
aluno42	3,75	3,00	3,25	3,25	3,00	3,50	3,00	3,50	3,75	3,33
aluno43	4,00	2,75	3,50	4,00	3,25	4,00	4,75	4,75	4,50	3,94
aluno44	4,00	2,50	3,50	3,25	2,50	4,25	5,00	3,25	4,75	3,67
aluno45	3,25	2,75	2,75	2,75	2,75	2,50	4,00	4,50	4,00	3,25
aluno46	4,25	3,50	4,50	4,75	4,25	4,25	2,50	3,50	5,00	4,06
aluno48	3,00	4,00	3,00	3,00	2,75	4,25	4,50	4,25	3,50	3,58
aluno49	3,75	3,25	4,00	4,00	4,25	3,75	4,25	4,00	4,00	3,92
aluno50	4,00	3,00	3,75	4,25	3,75	4,00	3,75	4,00	4,00	3,83
aluno51	4,25	4,00	4,25	3,75	3,25	4,25	4,00	4,00	4,00	3,97
aluno52	3,50	2,75	4,25	4,25	4,25	3,75	3,25	4,25	4,25	3,83
aluno53	3,50	3,75	4,25	4,00	3,75	4,00	4,50	4,00	4,50	4,03
aluno54	3,50	3,75	3,25	3,00	3,00	4,00	5,00	2,50	4,25	3,58
aluno55	2,00	2,75	3,50	1,50	1,00	2,50	4,75	2,25	2,25	2,50
aluno56	2,75	3,75	4,00	3,75	2,00	3,75	4,00	2,00	2,75	3,19
aluno57	3,00	2,75	3,00	3,25	3,75	5,00	5,00	4,75	4,50	3,89
aluno58	3,75	3,25	4,50	4,75	3,75	4,75	5,00	1,50	2,75	3,78
aluno59	3,75	3,00	3,75	3,50	3,50	3,50	3,75	2,00	3,50	3,36
aluno60	2,75	2,00	2,75	2,75	3,25	3,50	3,50	2,50	3,25	2,92
aluno61	4,50	3,50	4,00	3,50	5,00	4,00	4,75	2,75	5,00	4,11
aluno62	3,75	3,50	4,50	4,25	3,75	3,75	4,25	3,00	3,75	3,83
aluno64	4,75	3,25	3,00	3,50	3,00	3,00	4,75	3,75	4,25	3,69
aluno65	4,75	4,75	4,50	4,25	3,75	4,25	4,50	3,50	4,50	4,31
aluno66	3,00	3,75	2,75	2,75	2,00	2,75	3,75	3,50	3,75	3,11
aluno67	3,75	3,00	3,25	3,50	3,50	3,75	3,75	3,75	4,25	3,61
aluno68	4,00	3,75	3,75	4,00	4,25	3,50	4,25	4,25	4,50	4,03
aluno69	4,50	3,50	3,75	4,75	4,50	4,75	5,00	4,50	5,00	4,47
aluno70	3,75	3,00	3,00	3,00	3,25	3,00	3,50	4,00	4,00	3,39
aluno71	4,00	4,00	3,75	4,00	5,00	4,75	5,00	3,50	4,75	4,31
aluno72	3,75	3,00	3,00	3,25	3,25	3,25	4,00	4,00	4,75	3,58
Médias	3,78	3,44	3,56	3,55	3,51	3,83	4,17	3,57	4,10	3,72

Fonte: autoria própria.

Ao examinar a Figura 32, é possível verificar que dois alunos (aluno70 e aluno66) possuem escalas de Flow abaixo de 3,5 pontos. Apesar destas escalas, foi decidido mantê-los, uma vez que ambos preencheram os seis testes e alcançaram um bom desempenho neles. Da mesma forma, os alunos aluno49, aluno62 e aluno44 foram mantidos no GA11, mesmo não demonstrando bom desempenho nos testes, mas apresentando escala de Flow superior a 3.5 pontos. A manutenção destes alunos foi entendida como forma de possibilitar as análises, as quais são apresentadas na sequência.

Figura 32: Alunos classificados por Flow e número de testes.

Aluno	FLOW	Desempenho nos Testes	Quantidade de Testes
aluno24	4,75	79,33	6
aluno69	4,47	71,00	6
aluno68	4,03	82,67	6
aluno53	4,03	73,17	6
aluno43	3,94	86,00	6
aluno49	3,92	59,17	6
aluno62	3,83	64,17	6
aluno44	3,67	56,33	6
aluno28	3,53	90,00	6
aluno70	3,39	80,17	6
aluno66	3,11	78,33	6

Fonte: autoria própria.

#### 6.1.4 Pós-Teste

Como descrito anteriormente, o Questionário do Pós-Teste foi constituído pelas mesmas indagações presentes no Questionário de Pré-Teste; porém, as questões foram respondidas em período temporal diferente, após a utilização do Laboratório Educacional Virtual, quando, independente do conhecimento anterior do estudante, foi disponibilizado um mesmo conjunto de atividades, informações e práticas no Laboratório Educacional Virtual para cada participante. O Questionário do Pós-Teste pode ser visto no APÊNDICE F.

Após o tabelamento das respostas, foram detectadas as seguintes ocorrências neste questionário: para o universo de 49 participantes, o número mínimo de respostas corretas foi de 2 questões e o máximo foi de 10 questões, com uma média geral de desempenho dos alunos de 7,5 pontos (DP = 2,08). A Figura 33 apresenta os indicadores e as pontuações gerais e das turmas para o Pós-Teste.

Como pode ser visto na Figura 33, mais de 2/3 dos alunos alcançaram pontuação superior a 7,0, pontuação que, segundo os critérios elencados na seção 6.1.2, permitiria sua aprovação; enquanto 6% dos estudantes estariam reprovados sem alguma forma de



recuperação. É interessante observar que os alunos da turma 2AEM obtiveram a maior média no Pós-Tese, com 8,1 pontos (DP = 2,10), não possuindo alunos com menos de 5 pontos.

Figura 33: Indicadores do Pós-Teste.

Indicador X Turmas	Geral (49 alunos)		1AEM (24 alunos)		2AEM (12 alunos)		2SCC (13 alunos)	
	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%
Mínimo de acertos	2		2		5		4	
Máximo de acertos	10	DP	10	DP	10	DP	10	DP
Média de acertos	7,5	2,08	7,3	2,09	8,1	2,10	7,5	1,95
Maior ou igual a 9,0	21	43%	9	38%	7	58%	5	38%
Maior ou igual a 7 e menor que 8,9	11	22%	7	29%	1	8%	3	23%
Maior ou igual a 5 e menor que 6,9	14	29%	6	25%	4	33%	4	31%
Menor do que 5	3	6%	2	8%	0	0%	1	8%

Fonte: autoria própria.

Porém, se compararmos os resultados do desempenho dos alunos no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste, pode-se observar algumas particularidades de interesse deste trabalho, como pode ser visto na Figura 34 e analisadas em seguida.

Figura 34: Indicadores do Pós-Teste X Pré-Teste.

Indicador X Turmas	Geral (49)			1AEM (24)			2AEM (12)			2SCC (13)		
	Pré	Pós	Pós→Pré	Pré	Pós	Pós→Pré	Pré	Pós	Pós→Pré	Pré	Pós	Pós→Pré
Mínimo de acertos	4	2	-50,0%	5	2	-60,0%	4	5	25,0%	4	4	0,0%
Máximo de acertos	10	10	0,0%	10	10	0,0%	10	10	0,0%	9	10	<b>11,1%</b>
Média de acertos	7,4	7,5	<b>1,7%</b>	7,3	7,3	0,0%	8,4	8,1	-4,0%	6,8	7,5	<b>11,4%</b>
Maior ou igual a 9,0	15	21	<b>40,0%</b>	5	9	<b>80,0%</b>	7	7	0,0%	3	5	<b>66,7%</b>
Maior ou igual a 7 e menor que 8,9	19	11	-42,1%	11	7	-36,4%	4	1	-75,0%	4	3	-25,0%
Maior ou igual a 5 e menor que 6,9	13	14	7,7%	8	6	-25,0%	0	4	400,0%	5	4	-20,0%
Menor do que 5	2	3	-33,3%	0	2	-200,0%	1	0	-100,0%	1	1	0,0%

Fonte: autoria própria.

Considerando os dados do Pós-Teste em relação ao Pré-Teste, algumas constatações são possíveis: (I) o crescimento de 15 para 21 no número total de estudantes com pontuação igual ou superior do que 9,0 (40%); (II) aumento da média geral de acertos em 1,7%; (III) a turma 1AEM apresentou um crescimento de 80% nos alunos com pontuação igual ou superior a 9,0; (IV) a turma 2SCC teve aumento no número de alunos com pontuação superior a 9,0 (66,7%); (V) os alunos do 2SCC mostraram aumento de 11,1% no número máximo de acertos e crescimento na média de acertos de 6,8 para 7,5 pontos (11,4%).

Porém, a turma 2AEM não apresentou crescimento nos moldes das demais, possivelmente por ter-se observado um impacto de distração dos alunos em relação aos objetivos do Laboratório Educacional Virtual; uma vez que os alunos passaram a se preocupar mais com os aspectos de manipulação das características do avatar e perderam tempo com a mesma. Este comportamento diferenciado não é de todo novo, uma vez que na literatura há relatos de elementos de distração em ambientes multimídia que atraem o foco de atenção do aluno para outros aspectos que não o proposto (GEORGE-PALILONIS, 2017; SCHEITER e GERJETS, 2007; NG-THOW-HING et al., 2013).

Ao calcular o Test T entre o Pós-Teste e o Pré-Teste, identificou-se que o Pós-Teste apresenta maior número de acertos para as questões propostas ( $t = 0,31341$ ;  $p < 0,05$ ).

### 6.1.5 Avaliação do Laboratório Educacional Virtual

O Questionário de Avaliação do Laboratório Educacional Virtual teve por objetivo identificar qual a opinião do aluno sobre a utilização do ambiente. Além da identificação do avatar utilizado pelo aluno no Laboratório Educacional Virtual. Foram elaboradas 10 questões objetivas e 2 questões descritivas, as quais o estudante tinha liberdade de preencher ou não. Na sequência, o texto mostra os valores tabulados com base nas respostas fornecidas pelos estudantes. O questionário de Avaliação dos Laboratórios Educacionais Virtuais é descrito no APÊNDICE H.

- Se o aluno recebeu informação suficiente para realizar as atividades no mundo virtual.

Houve o cuidado para esclarecer previamente todos os aspectos da realização da pesquisa, mas, no dia da realização dos experimentos também existiu a preocupação de instruir o estudante sobre o funcionamento do OpenSim (constituição, movimentação, características, ...) e do ambiente do Laboratório Educacional Virtual (início e final do trajeto, atividades intermediárias, interação, testes, acesso WWW, ...). Tanto os esclarecimentos prévios sobre a pesquisa, quanto às instruções sobre o funcionamento do Laboratório Educacional Virtual foram apresentados de forma verbal e não foram entregues materiais escritos referentes à pesquisa ou ao experimento. É necessário notar que na turma 2AEM possui 12 alunos, mas foram preenchidos apenas 10 questionários, pois 2 estudantes (correspondendo aos avatares 'aluno34' e 'aluno38') tiveram que sair devido ao horário, conforme relatado na seção 6.4. Assim, para o Questionário de Avaliação do Laboratório Educacional Virtual a turma 1AEM contou com 24 respondentes, a turma 2AEM, apresentou 10 formulários preenchidos e por fim a turma 2SCC teve 13 questionários, totalizando 47 amostras. As escolhas dos alunos para a verificação de que receberam informação suficiente para realizar as atividades no mundo virtual podem ser visualizados na Figura 35.

Figura 35: Avaliação LEV – suficiência de informações.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	0	0%	2	8%	3	13%	9	38%	10	42%
2AEM	0	0%	0	0%	1	10%	7	70%	2	20%
2ACC	0	0%	0	0%	0	0%	5	38%	8	62%
Total	0	0%	2	4%	4	9%	21	45%	20	43%

Fonte: autoria própria.

Os índices de “Concordo” (45%) e “Concordo fortemente” (43%), para o total de estudantes, demonstram que os alunos receberam informação suficiente para realizar o experimento.

- Se no mundo virtual, as indicações das tarefas estavam claras.

A ideia desta questão era verificar se o mundo virtual tinha instruções de qualquer formato (texto, imagem, vídeo, etc.), indicando como o aluno deveria proceder nas atividades. Além de instruções, a própria construção do cenário e dos objetos 3D poderia ser intuitiva a ponto de o estudante poder realizar a tarefa sem problemas. A Figura 32 demonstra as respostas para esta questão.

Como visto na Figura 36, no total, a marcação de 45% para “Concordo” e 36% para “Concordo fortemente” demonstra que os alunos receberam informações suficientes para realizar as atividades propostas no experimento.

Figura 36: Avaliação LEV – clareza das informações.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	0	0%	1	4%	4	17%	11	46%	8	33%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	5	50%	5	50%
2SCC	0	0%	0	0%	4	31%	5	38%	4	31%
Total	0	0%	1	2%	8	17%	21	45%	17	36%

Fonte: autoria própria.

- Se no mundo virtual, havia *feedback* para as tarefas realizadas.

Um dos princípios da gamificação é o *feedback* imediato (ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011), assim era importante saber se o aluno havia recebido a informação de retorno logo após a realização de uma tarefa. A Figura 37 apresenta a seleção de opções dos alunos para este questionamento.

Figura 37: Avaliação LEV – suficiência de *feedback*.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	0	0%	1	4%	6	25%	11	46%	6	25%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	6	60%	4	40%
2SCC	0	0%	1	8%	1	8%	7	54%	4	31%
Total	0	0%	2	4%	7	15%	24	51%	14	30%

Fonte: autoria própria.

Para todos os respondentes, 51% “Concorda” e 30% “Concorda fortemente” que houve *feedback* suficiente quando da realização das tarefas.

- Se os experimentos possuíam informações suficientes para sua correta execução.

Esta questão buscou identificar se as interações com os objetos nas atividades práticas tinham informação ou sua construção permitia a correta execução daquela atividade. Na Figura 38 podem ser vistas as respostas dos alunos.

Figura 38: Avaliação LEV –suficiência de informações nos experimentos.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	0	0%	1	4%	5	21%	12	50%	6	25%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	7	70%	3	30%
2SCC	0	0%	0	0%	1	8%	9	69%	3	23%
Total	0	0%	1	2%	6	13%	28	60%	12	26%

Fonte: autoria própria.

Pode-se observar que os alunos assinalaram “Concordo” (60%) e “Concordo fortemente” (26%) com a presença de informações suficientes nos experimentos para a sua correta execução.

- Se os objetos presentes nos experimentos eram de fácil operação.

A interação é uma característica importante na construção de ambientes que envolvam gamificação e sejam educacionais (ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011; YILMAZ et al., 2015; TIBOLA e TAROUCO, 2015). Como a interação foi um dos princípios almejados com grande intensidade no desenvolvimento do Laboratório Educacional Virtual, sua medição é importante para analisar sua presença. A Figura 39 relata as respostas dos estudantes.

Figura 39: Avaliação do LEV – facilidade de operação dos experimentos.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	0	0%	3	13%	8	33%	10	42%	2	8%
2AEM	0	0%	0	0%	1	10%	6	60%	3	30%
2SCC	0	0%	1	8%	3	23%	6	46%	3	23%
Total	0	0%	4	9%	12	26%	22	47%	8	17%

Fonte: autoria própria.

Em relação à facilidade de operação dos experimentos, a maioria dos estudantes demonstrou que eles eram fáceis de operar (47% concordaram e 17% concordaram fortemente – 64% do total). Já 26% dos alunos, não concordaram, nem discordaram, o que leva o autor a crer que o primeiro grupo (concordaram e concordaram fortemente) percebeu os experimentos como fáceis de operar e o segundo grupo (não concordaram, nem discordaram) entendeu os experimentos “mais ou menos” fáceis de operar, como se expressa comumente quando não há o entendimento de que a atividade não seja considerada fácil, mas foi possível realizá-la.

Pelas indicações dos alunos descritas logo acima e uma vez que apenas 9% dos estudantes declaram que a operação dos experimentos não era fácil, acredita-se que os experimentos são, de maneira geral, fáceis de operar, mas ainda podem ser melhorados.

- Se iniciando os experimentos, os objetos executavam o que se esperava deles.

Os objetos presentes no Laboratório Educacional Virtual foram desenvolvidos para executarem determinadas operações sobre eles mesmo e/ou sobre outros objetos

(movimentar-se, aparecer/desaparecer, trocar de cor, etc.), quando o aluno executasse uma ação (tocar, se aproximar ou colidir com um objeto, por exemplo).

Aqui se considera o objeto tridimensional, como por exemplo, um cubo na cor amarela que, ao detectar a presença do aluno mudava para a cor verde ou um botão de iniciar, que ao ser tocado aproxime ou distancie outros dois objetos. Esta questão quer verificar se os objetos iniciavam as ações quanto provocadas pelo avatar. A Figura 40 demonstra a compreensão dos alunos para esta pergunta.

Figura 40: Avaliação do LEV – se os objetos iniciavam corretamente.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	1	4%	1	4%	5	21%	11	46%	6	25%
2AEM	0	0%	0	0%	2	20%	4	40%	4	40%
2SCC	0	0%	1	8%	0	0%	8	62%	4	31%
Total	1	2%	2	4%	7	15%	23	49%	14	30%

Fonte: autoria própria.

Nesta questão percebe-se que, no geral, grande parte dos alunos “Concorda” (49%) ou “Concordam fortemente” (30%), enquanto 15% “Não concordaram, nem discordaram”. Porém, 4% dos alunos “Discordam” e 2% “Discordam fortemente”. Estas opiniões levam o autor ao entendimento de que para 79% dos estudantes os objetos apresentaram a correta execução das atividades, que os estudantes que “Não concordaram, nem discordaram” podem ter enfrentado algumas situações inesperadas, mas a execução das ações do objeto foi próxima ao do se previa. Já pra os alunos que “Discordaram” ou “Discordaram fortemente”, os objetos não executaram as ações esperadas, o que pode ter sido causada por: (A) uso indevido pelo usuário, uma vez que o aluno poderia pressionar um botão e, devido ao processamento, o aluno não percebeu a ação; pressionar uma ou mais vezes um botão, causando a repetição da ação ou mesmo sua paralização; (B) havendo a dependência da capacidade de processamento computacional local e da realização de conexões com servidores externos, o ambiente poderia ficar mais lento em alguns instantes, levando o aluno à crer que não estava mais funcionando; (C) ainda, tratamento de exceção na programação do objeto, uma vez que situações inesperadas podem acontecer e a programação *script* do objeto não estava preparada para tratar esta condição.

Observando estas considerações, de maneira geral, os estudantes perceberam que os objetos executavam como se esperava que fizessem (79%), sendo que para 6% as ações dos objetos não ocorrem corretamente. O autor nota que, pelas respostas dos alunos, os objetos funcionaram de forma adequada; mas que há necessidade de aprimorar a programação dos objetos em relação ao estado de execução do objeto e a visualização clara desta para o

usuário, bem como revisar e reforçar o acionamento repetido de botões ou acionamento fora de ordem.

- Se ao terminar sua execução, os experimentos “como um todo” realizaram o que se esperava deles.

Como descrito na questão 6.4.6, os objetos executam operações a partir de ações dos alunos. No Laboratório Educacional Virtual, os equipamentos ou dispositivos podem ser construídos com objetos únicos ou com o agrupamento de dois ou mais objetos.

Por exemplo: três círculos, nas cores verde, amarelo e vermelho, mais um quadrado tridimensional podem ser unidos para formar um semáforo; assim quando avatar se aproximasse do semáforo e a luz acessa fosse vermelha, seria visualizada uma mensagem de perigo, se o sinal estivesse amarelo, seria emitida uma mensagem de aviso e se o sinal fosse verde, a mensagem seria para prosseguir. De forma simples, o processo do semáforo compreende o estabelecimento de tempos constantes para os sinais e com a detecção do avatar, a visualização da mensagem correspondente a cor do sinal. A não visualização da mensagem ou a visualização de uma mensagem incorreta é a finalização que não é a esperada.

Assim, além do comportamento individual do objeto, foi buscada a constatação da integração dos objetos no experimento “como um todo”: a comunicação do objeto com suas partes e com outros objetos, o acionamento de objetos de mensagens para o avatar, e a reação às ações do usuário. Esta questão quer verificar se os objetos iniciavam as ações quanto acionados pelo avatar. A Figura 41 mostra os assinalamentos dos alunos para esta questão.

Figura 41: Avaliação LEV – se os objetos encerravam a execução corretamente.

Turma - Item	Disc. fortemente	%	Discordo	%	Não conc. nem disc.	%	Concordo	%	Conc. fortemente	%
1AEM	1	4%	1	4%	0	0%	17	71%	5	21%
2AEM	0	0%	0	0%	1	10%	5	50%	4	40%
2SCC	0	0%	0	0%	1	8%	11	85%	1	8%
Total	1	2%	1	2%	2	4%	33	70%	10	21%

Fonte: autoria própria.

Examinando de forma genérica, dos 47 participantes, 70% “Concorda”, 21% “Concorda fortemente” e 4% “Não concordaram, nem discordaram” com o encerramento das execuções de acordo com o que se esperava delas. No obstante, 2% destes alunos “Discordam” e outros 2% “Discordam fortemente”.

Diferentemente de quando perguntados “se iniciando os experimentos, os objetos executavam o que se esperava deles” em que 79% dos estudantes responderam positivamente, agora 91% dos alunos confirmaram a execução completa do experimento e seu correto funcionamento “com um todo”. Baseado no percentual de respostas afirmativas, o autor

compreende que os objetos que compõem os experimentos apresentaram o resultado que se esperava, tendo tido uma execução satisfatória às predefinições de sua criação.

- Avaliação do mundo virtual.

Nesta questão quer se descobrir como o aluno qualifica o mundo virtual de forma geral, avaliando os recursos presentes no ambiente. Na Figura 42 é possível visualizar as escolhas dos alunos.

Figura 42: Avaliação LEV – avaliação geral.

Turma - Item	Péssimo	%	Ruim	%	Regular	%	Bom	%	Ótimo	%
1AEM	0	0%	0	0%	1	4%	12	50%	11	46%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	3	30%	7	70%
2SCC	0	0%	0	0%	2	15%	6	46%	5	38%
Total	0	0%	0	0%	3	6%	21	45%	23	49%

Fonte: autoria própria.

A indicação de que 94% dos estudantes avaliaram o mundo virtual positivamente é uma confirmação de que a construção do ambiente apresentou recursos, tais como movimentação, visualização das informações e experimentos, interação, desafio e *feedback*, que atenderam as expectativas dos alunos em relação ao mundo virtual.

- Satisfação ao usar o mundo virtual.

A satisfação e a aprovação do aluno ao usar o ambiente é um dos pontos de interesse desta pesquisa. Assim indagou-se quanto o aluno tinha gostado da experiência. As escolhas dos alunos são tabeladas na Figura 43.

Figura 43: Avaliação LEV – satisfação ao usar.

Turma - Item	Péssimo	%	Ruim	%	Regular	%	Bom	%	Ótimo	%
1AEM	0	0%	0	0%	1	4%	12	50%	11	46%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	3	30%	7	70%
2SCC	0	0%	0	0%	2	15%	6	46%	5	38%
Total	0	0%	0	0%	3	6%	21	45%	23	49%

Fonte: autoria própria.

Esta questão apresenta aprovação de 94% dos entrevistados (“Ótimo” com 49% e “Bom” com 45%) e é reforçada pelo resultado da questão de “avaliação do mundo virtual”. Para o autor, confirma-se que o ambiente propiciou satisfação e prazer no seu uso; certamente promovidos pela capacidade de interação, o realismo e a imersão proporcionadas pela estrutura 3D disponível no Laboratório Educacional Virtual e pela estratégia de construção e disposição dos objetos nas atividades disponíveis, alcançando o que foi proposto na seção 2.11.

- Diversão ao usar o mundo virtual.

Além do correto funcionamento dos objetos, quantidade de instruções suficiente e a satisfação com o Laboratório Educacional Virtual, o aluno também foi questionado se a utilização do mundo virtual 3D foi divertida. Estas respostas são visualizadas na Figura 44.

Levando em conta o julgamento dos 47 alunos que preencheram o questionário de avaliação, percebe-se que 98% destes alunos considerou o ambiente do Laboratório Educacional Virtual divertido. Entende-se que as recomendações relacionadas na seção 2.4 foram atendidas, o que propiciou um ambiente que permite o envolvimento do aluno, a tração de sua atenção e sua dedicação, necessária para a realização das atividades. Em harmonia com manifestação dos alunos, pode-se afirmar que este é um ambiente divertido.

Figura 44: Avaliação LEV – diversão ao usar.

Turma - Item	Muito chata	%	Chata	%	Indiferente	%	Divertida	%	Muito divertida	%
1AEM	0	0%	0	0%	1	4%	18	75%	5	21%
2AEM	0	0%	0	0%	0	0%	4	40%	6	60%
2SCC	0	0%	0	0%	0	0%	8	62%	5	38%
Total	0	0%	0	0%	1	2%	30	64%	16	34%

Fonte: autoria própria.

- Experimentos mais apreciados.

Uma vez que nesta questão o aluno tinha liberdade para respondê-la ou não, observou-se um baixo número de indicações de experimentos dos quais o aluno tinham apreciado. Os indivíduos que responderam a questão fizeram de uma até três indicações de experimento. Mesmo assim, foi possível relacionar os três experimento mais apreciados: (1) Atração e Repulsão, (2) Eletrização por indução e (3) Eletrização por contato.

- Avaliação descritiva do ambiente.

O preenchimento desta questão também era opcional, porém diferentemente da questão anterior, relativa aos experimentos mais apreciados, esta indagação apresentou uma participação considerável. Do total de questionários, 62% apresentaram avaliações e comentários. Particularizando, na turma 1AEM, 58% dos alunos responderam a questão, na turma 2AEM, 40% dos estudantes preencheram a questão e na turma 2SCC, 85% dos indivíduos emitiram sua avaliação e/ou sugestão.

Esta pesquisa considera que as avaliações, sugestões, críticas e comentários, são sempre bem vindos, pois, o olhar externo, diferente e imparcial, permitirá ajustar os aspectos apontados; tornando o desenvolvimento do Laboratório Educacional Virtual mais robusta e refinada, melhor adequada à realidade do público alvo que se espera atingir, e com recursos que não tinham sido projetados originalmente. O Quadro 7 contém as avaliações, sugestões,



críticas, observações e recomendações relatadas nesta questão. Observa-se que a transcrição das respostas é literal, assim, eventuais erros de ortografia e concordância estão no texto, de acordo com sua origem. Para a melhor compreensão da frase ou a especificação do que o aluno está tratando, um texto adicional foi inserido entre parênteses.

Quadro 7: Avaliação e sugestões do ambiente LEV.

N.	Aluno	Avaliações, sugestões, críticas, observações e recomendações
<b>1AEM</b>		
1	aluno68	<i>Foge do cotidiano da aula; vídeos.</i>
2	aluno69	<i>Os vídeos são bons, muito divertido.</i>
3	aluno43	<i>Muito bem informado, mas a ordem dos vídeos e experimentos deveriam ser mais intuitivos.</i>
4	aluno44	<i>As informações são claras e as explicações também.</i>
5	aluno72	<i>As salas (deveriam ser) mais organizadas, pois tem como acabar pulando um experimento.</i>
6	aluno71	<i>Poderia ser melhor configurado</i>
7	aluno67	<i>No decorrer da atividade estava tudo muito bem explicado</i>
8	aluno62	<i>Os vídeos, as perguntas e os baner que ficam bem diversificado. O Mundo é bem diversifica(do), lugares, o personagem é bem movindado (movimentado) e facil mobilidade, (o gráfico não é tão bom, mas é divertido.</i>
9	aluno57	<i>O ambiente proporciona uma ideia bem realista e permite a aprendizagem de forma dinâmica e divertida.</i>
10	aluno61	<i>Ótimo! Jogo com qualidade e aperfeiçoado, cheio de experimentos e informações construtivas.</i>
11	aluno22	<i>Gostei, achei divertido e dinâmico. Porém, deve-se ter explicações mais claras para se ter um melhor entendimento do jogo.</i>
12	aluno21	<i>Achei bem divertido, mas faltou algumas explicações.</i>
13	aluno40	<i>Achei muito ótimo, porém faltou mais clareza no OpenSim</i>
14	aluno64	<i>Poderia ser melhorada visualmente, além de facilitar os controles que às vezes se tornavam complicados. Porém, a ideia é muito boa, precisa apenas de um aprimoramento.</i>
<b>2AEM</b>		
15	aluno36	<i>Muito bom. Mudar aparência do boneco, achei estranho.</i>
16	aluno35	<i>Muito bom, interativo. Mudar a aparência do avatar, achei estranha.</i>
17	aluno37	<i>Gostei, bastante divertido.</i>
18	aluno31	<i>Bem planejado e criativo, além de aprender de forma dinâmica.</i>
<b>2SCC</b>		
19	aluno49	<i>Ambiente muito bom e fácil de manusear.</i>
20	aluno48	<i>Fácil controle, bem organizado. Baixo FPS, movimentos lentos.</i>
21	aluno59	<i>Gostei, tudo bem declarado e explícito, muito bacana.</i>
22	aluno39	<i>Tem um ótimo conceito fácil de se manusear e cheio de informações, excelente!</i>
23	aluno58	<i>Gostei do ambiente como um todo, mas faltou um pouco de variedade nas texturas do jogo.</i>
24	aluno51	<i>Tem um Bug que ocorre ao sair da cadeira, e é muito complicado ter que colocar usuário e senha para cada teste.</i>
25	aluno50	<i>A liberdade de ações e os gráficos com a realidade.</i>
26	aluno53	<i>O experimentos deveriam ter mais instruções ou que elas fossem mais claras</i>
27	aluno52	<i>Foi bom, mas acho que deveria ter um pouco menos de textos explicando, mas foi muito bom, parabéns.</i>
28	aluno24	<i>É um ambiente bem atrativo, de fácil compreensão.</i>
29	aluno23	<i>Muita informação na mesma tela.</i>

Fonte: autoria própria.

A partir da exploração das respostas dos alunos, podemos verificar várias perspectivas que não são expressas pelas questões objetivas. A grande maioria dos alunos descreveu o Laboratório Educacional Virtual como possuindo bons vídeos, sendo divertido, com informações claras e suficientes, bem explicado, realista, bem planejado, fácil de usar, e que permite a liberdade de ação (aluno69, aluno43, aluno44, aluno67, aluno62, aluno57, aluno61, aluno21, aluno22, aluno37, aluno31, aluno49, aluno59, aluno39, aluno50, aluno24). Chama à atenção a declaração do aluno68 de que o ambiente virtual “*Foge do cotidiano da aula; vídeos*”, o leva a crer que a aplicação das estratégias educacionais com o uso de MVD3D, em conjunto com técnicas de gamificação, pode surpreender, conquistar e motivar os alunos. As manifestações dos alunos confirmam os dados coletados nas questões objetivas.

Também, houve considerações à necessidade das salas serem mais organizadas e haver uma melhor configuração, porém, sem especificar como deveriam ser organizadas e configuradas (aluno72, aluno71). Chama atenção que o aluno72 descreve que “*tem como acabar pulando um experimento*”, a qual, possivelmente, é resultado do costume do aluno com a estrutura comum em jogos de computador, onde se devem cumprir todas as fases para então avançar para a próxima fase do jogo. Esta pesquisa decidiu que o aluno teria total liberdade de escolha, então, a estratégia de gamificação de obrigar o aluno a cumprir uma sequência de atividades para habilitar outras não foi utilizada.

Outras sugestões pediam explicações mais claras (aluno22, aluno21, aluno40, aluno53) e menos texto (aluno52, aluno23), o que é contrário a manifestação dos alunos relacionados anteriormente. Mesmo assim, estas sugestões merecem uma atenção mais detalhada, iniciando com a identificação do local e o tipo de informação que poderiam ser alteradas e a verificação da quantidade de texto disponível e a possibilidade de redução ou substituição por outra mídia.

Algumas críticas em relação à baixa qualidade gráfica e jogabilidade do ambiente (aluno62, aluno64, aluno48, aluno58) e a estranheza em relação ao avatar (aluno36, aluno35) estão relacionadas ao perfil do aluno, pois foi detectado que 71% do grupo de estudo é formado por usuários de jogos eletrônicos; assim, o nível de exigência da resolução gráfica e dos controles do ambiente virtual é comparada com os jogos que os estudantes utilizam. Para fins educacionais, este perfil de aluno exige um padrão de recursos computacionais semelhantes aos das aplicações que utilizam em casa. Mesmo assim, vários alunos mencionaram a beleza do ambiente, facilidade de manuseio e o realismo dos objetos.

Por fim, a reclamação sobre a digitação da senha para cada “Teste”, referida pelo aluno51, é uma limitação técnica do OpenSim, uma vez que o objeto que carrega o navegador

Web permite a captura somente do nome avatar, mas não de sua senha. Para implementar esta melhoria, deve-se iniciar pela busca de soluções criativas no próprio objeto ou no avatar, passando pelo desenvolvimento de um objeto específico para isto ou mesmo a aquisição de um objeto de terceiros.

## 6.2 Análise do Registro Digital

Como descrito previamente, a segunda forma de obtenção de dados utilizada nesta tese foi o registro digital dos movimentos e das ações dos avatares e sua gravação em banco de dados. Para isto foram registradas as movimentações e interações dos avatares de todos os alunos nas três sessões de uso do Laboratório Educacional Virtual. A origem dos dados que foram armazenados, as tabelas, sua estrutura e a descrição dos campos que guardam estes dados foram especificadas na seção 5.3.2. Por sua vez, esta seção apresenta a seleção, o processamento e a formatação dos registros em banco de dados para posterior a análise, bem como sua relação com os questionários, os quais foram relatados na seção 6.1.

### 6.2.1 Registro da movimentação do avatar

A captura dos dados da movimentação do avatar, que representa o aluno no mundo virtual, é realizada através dos sensores de localização. Após esta captura, os dados de movimentação do avatar são gravados no servidor de banco de dados, na tabela ‘trajeto’, cuja estrutura é apresentada na seção 5.3.2. Para encontrar informação útil para o alcance dos objetivos desta tese, foi desenvolvido um relatório em PHP, o qual consulta a tabela ‘trajeto’ e a tabela ‘logs\_opensim’; objetivando identificar qual foi o trajeto percorrido pelo avatar no ambiente tridimensional do Laboratório Educacional Virtual, se ele passou pelos pontos monitorados e quanto tempo ele permaneceu em cada um destes pontos. Ao final do relatório do avatar do aluno são calculados os índices de similaridade de Jaccard e Sorensen.

A Figura 45 apresenta a detecção da movimentação do avatar “aluno68” no ambiente do Laboratório Educacional Virtual, no detalhe 1 estão presentes a identificação do aluno e a turma à qual ele pertence. Na mesma figura, no detalhe 2, são assinalados os campos ‘SensorID’ – número de identificação do sensor de localização no ambiente virtual; ‘Local’ – posição no ‘mapa’ do ambiente virtual onde o sensor está colocado; ‘Acionado’ – sinaliza se o avatar passou ou não pelo sensor; ‘Hora acionamento’ – horário em que o avatar entrou na área de detecção do sensor; ‘Permanência’ – tempo pelo qual o avatar esteve na área do sensor; ‘≠ Tempo do Login’ – diferença de tempo cumulativa entre o momento do *login* do

avatar no OpenSim até a detecção deste avatar pelo respectivo sensor. Os sensores de localização que não foram acionados foram indicados na coluna ‘Acionado’ com a informação ‘Não’, possuem a cor vermelha e não contêm informações para os campos ‘Hora acionamento’, ‘Permanência’ e ‘≠ Tempo do Login’.

Figura 45: Movimentação do aluno68 no Laboratório Educacional Virtual.

aluno68 - IAEM		1	Login: 2017-10-20	08:16:42	Logout: 2017-10-20	09:39:17
SensorID	Local	2	Acionado	Hora Acionamento	Permanência	≠ Tempo do Login
101000	Posicao inicial na Entrada Principal		Sim	08:16:49	00:07:10	00:00:07
102000	Video sensibilizacao		Sim	08:23:59	00:04:45	00:07:17
103000	Ajuda para o ambiente		Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd		Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www		Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www		Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider		Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena		Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte		Sim	08:28:44	00:00:57	00:12:02
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central		Sim	08:29:41	00:00:04	00:12:59
201000	Posicionamento inicial na Praca Central		Sim	08:29:45	00:00:24	00:13:03
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal		Nao	-	-	-
203000	Estrutura octogonal da Praca Central		Sim	08:30:09	00:01:07	00:13:27
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono		Nao	-	-	-
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo		Sim	08:31:16	00:00:23	00:14:34
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo		Sim	08:31:39	00:00:02	00:14:57
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo		Sim	08:31:41	00:00:05	00:14:59
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo		Sim	08:31:46	00:08:52	00:15:04
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo		Sim	08:40:38	00:00:09	00:23:56
401000	Objeto estatico - imagem do Atomo		Sim	08:40:47	00:00:21	00:24:05
402000	Objeto estatico - Composicao do Atomo		Sim	08:41:08	00:00:30	00:24:26
403000	Objeto de video - Video sobre o Atomo		Sim	08:41:38	00:06:00	00:24:56
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo		Sim	08:47:38	00:00:08	00:30:56
405000	Quiz do Atomo		Sim	08:47:30	00:08:44	00:30:48
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos		Sim	08:56:14	00:07:44	00:39:32
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr		Sim	09:03:58	00:02:30	00:47:16
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr		Sim	09:06:28	00:04:05	00:49:46
409000	Quiz Modelos Atomicos		Sim	09:10:33	00:04:00	00:53:51
411000	Apresentacao da Eletrizacao		Sim	09:14:33	00:00:49	00:57:51
412000	Apresentação da Serie Tnbo Eletrica		Sim	09:15:22	00:00:53	00:58:40
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes		Sim	09:16:15	00:00:19	00:59:33
414000	Quiz Isolantes e Condutores		Sim	09:16:34	00:04:32	00:59:52
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao / Eletrizacao em materiais condutores		Sim	09:21:06	00:00:12	01:04:24
502000	Demo da movimentacao de Eletrons Livres / Eletrizacao em materiais isolantes		Sim	09:21:18	00:00:12	01:04:36
503000	Sentidos da corrente eletrica		Sim	09:21:30	00:00:40	01:04:48
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar		Sim	09:22:10	00:00:10	01:05:28
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao		Sim	09:22:20	00:06:08	01:05:38
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao-Condutores-Terra		Sim	09:28:28	00:05:22	01:11:46
603000	Laboratorio Eletrizacao-Condutores-Terra		Sim	09:23:06	00:05:25	01:06:24
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução		Sim	09:28:31	00:00:50	01:11:49
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução		Sim	09:29:21	00:00:48	01:12:39
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato		Sim	09:30:09	00:00:34	01:13:27
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao		Sim	09:30:43	00:01:01	01:14:01
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar		Sim	09:31:44	00:00:02	01:15:02
701000	Entrada do 3º Andar		Sim	09:31:46	00:00:13	01:15:04
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra		Sim	09:31:59	00:01:21	01:15:17
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao		Sim	09:33:20	00:04:09	01:16:38
704000	Interface Web Verifica desempenho		Sim	09:37:29	00:01:37	01:20:47
		Tempo entre login e logout    Permanencia total    Diferenca		01:22:35	01:22:17	01:22:24
3	40	Similaridade de Jaccard		0,71	6	7
		Similaridade de Sorensen		0,83	5	8

Fonte: Autoria própria.

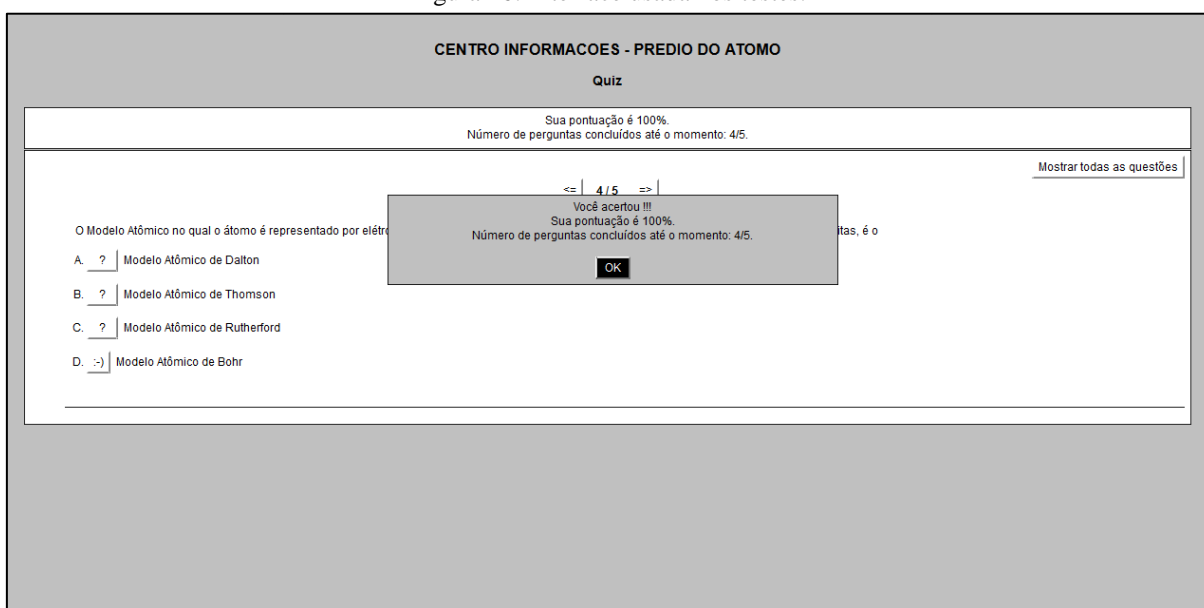
No rodapé da Figura 45, no detalhe 3, podem ser vistas as quantidades de sensores acionados (40) e de sensores não acionados (8). Estes dados são importantes para o cálculo dos índices de similaridade de Jaccard e de Sorensen, os quais estão localizados no detalhe 4 da tabela.

Ainda, na Figura 45, o detalhe 5 mostra a diferença de tempo entre o *login* e o *logout* do avatar, considerando os registros do arquivo de logs do OpenSim transpostos para a tabela ‘logs\_opensim’, descrita na seção 5.3.2; enquanto o detalhe 6 exibe o tempo total de permanência do avatar nas regiões de abrangência dos sensores, considerado os registros do primeiro e do último sensor acionados; e por fim, no detalhe 7, visualiza-se a diferença de tempo total entre o *login* e o registro de horário de cada sensor, acrescentando o tempo total com o tempo de sensor seguinte.

### 6.2.2 Desempenho nos testes

Como mencionado na seção 5.3.2, os testes foram desenvolvidos no *software* educacional Hot Potatoes (HOT POTATOES, 2017). Os testes foram exportados para o servidor Web. Para torná-los acessíveis a partir do OpenSim, foi criado um objeto para cada um dos testes, uma vez que o objeto 3D permitia o acesso ao link de cada teste no servidor Web local. O código fonte original do Hot Potatoes sofreu alterações para funcionar dentro dos requisitos desta pesquisa, incluindo: mensagens de orientação e erro, segurança de usuários através de sessão HTTP, redimensionamento da interface dos testes para o objeto 3D, criação da página com o resultado do teste, entre outros. Também, os formulários dos testes obedeceram ao padrão de cor e construção do estilo original do Hot Potatoes. Na geração das questões, somente a opção de posicionamento aleatório das respostas foi escolhida, sendo as demais opções desabilitadas. A Figura 46 exibe o padrão de apresentação dos testes, enquanto a Figura 47 apresenta a página com o resultado do teste.

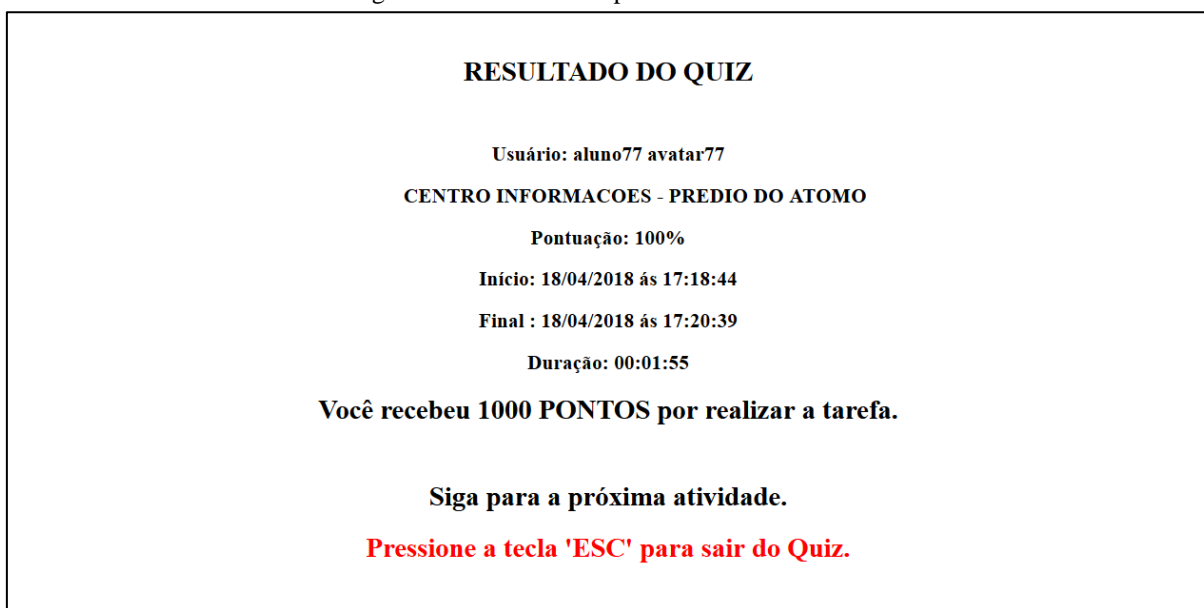
Figura 46: Interface usada nos testes.



Fonte: Autoria própria.

É pertinente observar que o Hot Potatoes (HOT POTATOES, 2017) apresenta o percentual de acertos para as questões de um teste, de modo que nesta pesquisa este valor foi considerado para indicar o desempenho do aluno em cada teste, porém, considerando apenas os numerais. No caso da Figura 47, o desempenho do aluno77 foi 100.

Figura 47: Resultado do preenchimento do teste.



Fonte: Autoria própria.

Durante a imersão do aluno no mundo virtual, ele podia conduzir o avatar livremente pelo mundo virtual. Era esperado que ele visualização do material educacional através das imagens, dos textos e dos vídeos e realizasse as experiências práticas disponíveis no Laboratório Educacional Virtual. Também era solicitado ao estudante que respondesse ao teste do conteúdo disponível naquela área. Os testes disponíveis no mundo virtual são: (1) Pré-Teste do Átomo; (2) Quiz do Átomo; (3) Modelos Atômicos; (4) Isolantes e Condutores; (5) Condutores com aterramento; e (6) Eletrização por Contato e por Indução.

Como forma de acompanhamento e subsídio para as análises, foi desenvolvida uma consulta à tabela 'hotpotatoes' como forma de permitir a verificação dos testes respondidos pelo aluno e o respectivo desempenho. A Figura 53 retrata este consulta e é composta de (1) 'Nome do Aluno'; (2) 'Exercício' – o próprio teste; (3) 'Desempenho' – pontuação alcançada pelo aluno; (4) 'Data inicio', 'Hora inicio', 'Data fim' e 'Hora fim' – datas e horários em que começaram e terminaram os preenchimentos dos testes; (5) Duração – diferença de tempo entre de inicio e fim do preenchimento; (6) Turma e (7) Computador.

Para fins de comparação deve-se considerar que os tempos de “permanência” em um teste (apresentados na Figura 45) e o tempo de “preenchimento” do mesmo teste (vistos na Figura 48) são diferentes; uma vez que o tempo de “permanência” foi registrado por um sensor de localização e o tempo de “preenchimento” foi registro por um sensor de interação, através de um objeto que permite o acesso ao teste e captura o início e o final das respostas.

Como a movimentação do avatar era livre em todo ambiente virtual, e a execução das atividades era opcional, alguns alunos preencheram apenas um teste, enquanto outros preencheram três, quatro, cinco ou seis testes. Entendendo que os estudantes que responderam todos os seis testes atingiram um dos objetivos propostos, estes alunos foram considerados nas análises e comparações efetuadas com base nas duas formas de coleta de dados e dos instrumentos utilizados, conforme já referido anteriormente.

Figura 48: Consulta testes preenchidos por um aluno.

Nome do aluno	Exercicio	Desempenho	Data inicio	Hora inicio	Data fim	Hora fim	Duração	Turma	Computador
aluno68 avatar68	QUIZ DO ATOMO - PREDIO DO ATOMO	100	2017-10-20	08:53:53	2017-10-20	08:56:00	00:02:07	1aEM	opensim68
aluno68 avatar68	CONDUTORES - TERRA	93	2017-10-20	09:24:51	2017-10-20	09:27:26	00:02:35	1aEM	opensim68
aluno68 avatar68	MODELOS ATOMICOS - PREDIO DO ATOMO	80	2017-10-20	09:11:24	2017-10-20	09:14:15	00:02:51	1aEM	opensim68
aluno68 avatar68	CENTRO INFORMACOES - PREDIO DO ATOMO	80	2017-10-20	08:34:58	2017-10-20	08:37:53	00:02:55	1aEM	opensim68
aluno68 avatar68	ISOLANTES E CONDUTORES	77	2017-10-20	09:17:22	2017-10-20	09:20:52	00:03:30	1aEM	opensim68
aluno68 avatar68	ELETRIZACAO POR CONTATO E POR INDUCAO	66	2017-10-20	09:34:00	2017-10-20	09:36:54	00:02:54	1aEM	opensim68
Total: 6	Média desempenho	82,67	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria.

A Figura 49 lista os avatares usados pelos alunos no campo ‘Avatar do Aluno’, no detalhe 1. Já no detalhe 2, no campo ‘Quantidade de Testes’ é apresenta a soma dos testes respondidos pelo aluno. O resultado da média pondera dos testes é vista no detalhe 3, no campo ‘Média Ponderada’; seguida pela coluna com a respectiva turma do aluno (detalhe 4, campo ‘Turma’) e por fim a operação da média aritmética dos testes é relatada no campo ‘Média Aritmética’, no detalhe 5.

A opção pelo cálculo tanto da média aritmética, quanto da média ponderada, se deve ao fato de a distorção da média aritmética causada pelos respondentes de poucos testes. Para aquele aluno que respondeu três testes, metade do total de testes disponíveis, e alcançou uma média aritmética de 88,67 pontos, como é o caso do aluno com o avatar “aluno61”; haveria uma nota maior para este aluno do que para o aluno com o avatar “aluno43”, que obteve 86 pontos, mas respondeu todos os seis testes (detalhe 6 da Figura 49). Assim, para efeito das análises de desempenho nos testes e as relações estabelecidas entre os testes e outros indicadores, foram considerados os seguintes critérios: (1) maior quantidade de testes resolvidos e (2) maior média ponderada.

Figura 49: Relação dos testes preenchidos pelos alunos.

Avatar do aluno	Quant. de Testes	M. Ponderada	Turma	Mé. Aritmética	Avatar do aluno	Quant. de Testes	M. Ponderada	Turma	Mé. Aritmética
aluno28 avatar28	6	90,00	2aEM	90,00	aluno41 avatar41	4	52,33	1aEM	78,50
aluno43 avatar43	6	86,00	1aEM	86,00	aluno51 avatar51	4	52,00	2sCC	78,00
aluno68 avatar68	6	82,67	1aEM	82,67	aluno31 avatar31	4	51,33	2aEM	77,00
aluno70 avatar70	6	80,17	1aEM	80,17	aluno45 avatar45	4	46,67	1aEM	70,00
aluno24 avatar24	6	79,33	2sCC	79,33	aluno40 avatar40	4	35,33	1aEM	53,00
aluno66 avatar66	6	78,33	1aEM	78,33	aluno52 avatar52	4	35,33	2sCC	53,00
aluno53 avatar53	6	73,17	2sCC	73,17	aluno61 avatar61	3	44,33	1aEM	88,67
aluno44 avatar44	6	56,33	1aEM	71,00	aluno29 avatar29	3	43,83	2aEM	87,67
aluno62 avatar62	6	64,17	1aEM	64,17	aluno42 avatar42	3	42,67	1aEM	85,33
aluno49 avatar49	6	59,17	2sCC	59,17	aluno58 avatar58	3	42,00	2sCC	84,00
aluno69 avatar69	6	71,00	1aEM	56,33	aluno72 avatar72	3	41,00	1aEM	82,00
aluno22 avatar22	5	75,17	1aEM	90,20	aluno56 avatar56	3	40,67	1aEM	81,33
aluno21 avatar21	5	72,17	1aEM	86,60	aluno46 avatar46	3	29,83	1aEM	59,67
aluno50 avatar50	5	70,33	2sCC	84,40	aluno32 avatar32	3	28,83	2aEM	57,67
aluno35 avatar35	5	69,33	2aEM	83,20	aluno59 avatar59	2	25,50	2sCC	76,50
aluno36 avatar36	5	68,83	2aEM	82,60	aluno38 avatar38	2	24,67	2aEM	74,00
aluno67 avatar67	5	68,50	1aEM	82,20	aluno55 avatar55	2	23,33	1aEM	70,00
aluno39 avatar39	5	64,67	2sCC	77,60	aluno57 avatar57	2	23,00	1aEM	69,00
aluno60 avatar60	5	64,33	1aEM	77,20	aluno71 avatar71	1	16,67	1aEM	100,00
aluno37 avatar37	5	60,33	2aEM	72,40	aluno34 avatar34	1	15,50	2aEM	93,00
aluno48 avatar48	5	58,83	2sCC	70,60	aluno54 avatar54	1	14,33	2sCC	86,00
aluno27 avatar27	5	49,17	2aEM	59,00	aluno25 avatar25	1	13,33	2aEM	80,00
aluno23 avatar23	5	44,50	2sCC	53,40	aluno26 avatar26	1	13,33	2sCC	80,00
aluno64 avatar64	4	64,33	1aEM	96,50	aluno33 avatar33	1	10,00	2aEM	60,00
aluno65 avatar65	4	62,17	1aEM	93,25					

Fonte: Autoria própria.

### 6.2.3 Registro das atividades do avatar

Além dos dados gerados pela movimentação do avatar no Laboratório Educacional Virtual e dos elementos obtidos com o preenchimento dos testes, a verificação e observação da realização das atividades disponíveis no ambiente e consequentemente das interações com os objetos também são fundamentais para atender os objetivos desta pesquisa.

Desejando identificar de forma única, concisa e objetiva as informações pertinentes às interações relacionadas nas atividades propostas no Laboratório Educacional Virtual, foi desenvolvido um formulário que, através da consulta às tabelas da base de dados 'dados\_tese', gera a relação das atividades realizadas ou não pelo aluno. Para isto, as atividades foram agrupadas por similaridade, como é evidenciado no Quadro 8.

Quadro 8: Agrupamento das atividades por similaridade no LEV.

Grupo	Atividade
1	Vídeos
2	Testes
3	Experimento prático externo
4	Apresentações
5	Experimento prático do ambiente
6	Consulta ao desempenho

Fonte: Autoria própria.

A definição do agrupamento das atividades levou em consideração as seguintes condições: (1) utilizar objeto com recurso específico, como os vídeos, por exemplo, os quais possuem características personalizadas para este tipo de mídia; (2) possuir forma de acesso e



manipulação semelhantes, como é o caso dos testes e da consulta ao desempenho, que através de um objeto que atua como um navegador Web permite o manuseio das páginas dos testes e da consulta ao desempenho de modo muito semelhante a um navegador Web externo; (3) possuir a estrutura e mecânica semelhante para acessar o seu conteúdo, como as apresentações, que possuem imagens estáticas e manipulação de botões do tipo “próximo – anterior”; (4) ser construída sobre objetos 3D e demandar programação *script* para seu funcionamento, aqui se enquadram todos os experimentos práticos propostos no Laboratório Educacional Virtual; e por fim, o Experimento prático externo (5), que apesar de se comportar como os testes, acessa uma página que exige a compatibilidade com *plug-ins*, tornando seu uso particular.

Ainda, para possibilitar a quantificação do desempenho do aluno na execução das atividades e conseqüentemente a ordenação dos alunos por este desempenho, foi criado um indicador chamado pontuação, que foi estabelecido como um parâmetro para cada atividade. As atividades receberam pontuações diferentes, como pode ser notado no Quadro 9.

Quadro 9: Pontuação para as atividades no LEV.

Atividade	Pontuação
Testes	3
Vídeos	2
Apresentações	2
Experimento prático do ambiente	2
Experimento prático externo	2
Consulta ao desempenho	1

Fonte: Autoria própria.

Para tornar as pontuações mais equitativas possíveis, foram adotados alguns critérios para sua quantificação, descritos a seguir. Como um critério importante para as análises era a execução de todas as atividades, aquelas que foram não realizadas não receberam pontuação. A atividade que compreendia a consulta ao desempenho, por não estar diretamente relacionada com os conteúdos educacionais apresentados, recebeu 1 ponto pela sua execução ou nenhum ponto se não foi executada.

Já os vídeos foram considerados assistidos completamente ou parcialmente. Uma vez que todos os vídeos possuem uma duração específica (Vídeo de sensibilização = 1 m 35 s; Vídeo do átomo = 4 m 45 s e Vídeo do Modelo Atômico de Bohr = 4 m 5 s); se o tempo em que o aluno iniciou e encerrou a visualização do vídeo (registrado pelo objeto 3D que habilita e desabilita o vídeo) for igual ou maior do que o tempo de duração do vídeo; o aluno recebeu os 2 pontos (visualização completa), porém se este tempo for menor do que a duração do vídeo, o aluno recebeu 1 ponto (visualização parcial).

Por sua vez, todas as apresentações (Série Tribo Elétrica, Condutores e Isolantes, Revisão da Eletrização e Eletrização por contato e por Indução) possuem um tempo padrão de visualização de 1 minuto, e seguem o mesmo critério dos vídeos: tempo de visualização maior ou igual a 1 minuto atribuição de 2 pontos ao aluno, tempo de visualização menor do que um minuto atribuição de 1 ponto.

Em relação aos experimentos, tanto os experimentos práticos do ambiente quanto o experimento externo observavam um tempo de execução para cada um deles (Atração e Repulsão de Partículas = 30 segundos; Sentido da corrente elétrica = 30 segundos; Eletrização em materiais isolantes = 15 segundos; Eletrização em materiais condutores = 15 segundos; Eletrização - Condutores - Terra = 1 minuto; Eletrização por Contato = 30 segundos; Eletrização por Indução = 1 minuto; Eletrização por Indução - Terra = 1 minuto; Monte um Atomo – PHET (externo) = 1 minuto) e seguido à mesma lógica das atividades de vídeo e apresentação, para os experimentos que atingiram ou superaram o tempo de execução estimado, receberam 2 pontos e os que não atingiram este tempo, receberam 1 ponto.

Por fim, mas pormenorizado, os testes possuem a atribuição de pontos relativa ao desempenho obtido em cada uma das enquetes. Como descrito anteriormente, o preenchimento de um teste resulta em um valor que indica o desempenho do aluno naquele questionário. Esta pesquisa considerou o desempenho nos testes como a maior pontuação para esta atividade devido aos seguintes motivos: (I) sua capacidade de indicar um domínio dos conteúdos abrangidos pelos recursos educacionais disponíveis no ambiente tridimensional; (II) ser um valor numérico único e manipulável nas análises; (III) os testes estão dispostos do início ao fim da sequência de atividades disponibilizadas no Laboratório Educacional Virtual.

Em termos de cálculo da pontuação final do teste, foi operado desta forma: (i) o desempenho de um aluno em um teste foi consultado na tabela ‘hotpotatoes’; (ii) o valor foi dividido por 100; (iii) o valor resultante da divisão foi multiplicado por 3. Assim, um aluno com desempenho de 100 no teste, recebe um índice de 1,0, que multiplicado por 3 atribui para ele a pontuação de 3,0. Já o aluno com desempenho de 70 no mesmo teste, recebe um índice de 0,7, que multiplicado por 3 resulta em 2,1 pontos. Assim, atribuiu-se para cada teste a proporção de 3 pontos referente ao seu desempenho no teste correspondente.

A Figura 50 apresenta as atividades realizadas pelo avatar “aluno68”. Sua estrutura é composta pelas seguintes colunas: (1) ‘Atividade’ – que contém a relação das atividades; (2) ‘Realizada’ – se a mesma foi ou não executada; (3) ‘Legenda’ – indica ao grupo que a atividade pertence; (4) ‘Permanência’ – tempo em que o aluno demorou na atividade; (5) ‘Padrão’ – período de tempo para comparação com o tempo da coluna ‘Permanência’; (6) ‘+/-’

– indicação se a subtração dos tempos de ‘Permanência’ por ‘Padrão’ foi positiva ou negativa;  
 (7) ‘Diferença’ – diferença de tempo da subtração dos tempos de ‘Permanência’ por ‘Padrão’.  
 O detalhe 1 da Figura 50 mostra o cabeçalho desta relação.

Figura 50: Atividades do aluno68 no Laboratório Educacional Virtual.

Atividade	Realizada	Legenda	Pontuação	Permanência	Padrão	+/-	Diferença
Video sensibilizacao	Sim	1	2	00:04:22	00:01:35	+	00:02:47
<b>Pre teste do Atomo</b>	<b>Sim</b>	2	2,4	00:02:55	00:02:00	+	00:00:55
Video do atomo	Sim	1	2	00:05:43	00:04:45	+	00:00:58
Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	3	2	00:05:00	00:02:00	+	00:03:00
<b>Quiz do Atomo</b>	<b>Sim</b>	2	3	00:02:07	00:02:00	+	00:00:07
Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1	1	00:03:59	00:04:05	-	00:00:06
<b>Quiz dos Modelos Atomicos</b>	<b>Sim</b>	2	2,4	00:02:51	00:03:00	-	00:00:09
Apresentacao Eletrizacão	Sim	4	2	00:01:47	00:01:00	+	00:00:47
Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	4	1	00:00:37	00:01:00	-	00:00:23
Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	4	1	00:00:17	00:01:00	-	00:00:43
<b>Quiz dos Isolantes e Condutores</b>	<b>Sim</b>	2	2,31	00:03:30	00:03:00	+	00:00:30
Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Nao	-	-	-	-	-	-
Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Nao	-	-	-	-	-	-
Laboratorio Eletrizacão em materiais isolantes	Nao	-	-	-	-	-	-
Laboratorio Eletrizacão em materiais condutores	Nao	-	-	-	-	-	-
Apresentacao Revisao da Eletrizacão	Sim	4	2	00:02:03	00:01:00	+	00:01:03
Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	4	2	00:01:31	00:01:00	+	00:00:31
Apresentacao Eletrizacão por contato e por Inducao	Sim	4	1	00:00:32	00:01:00	-	00:00:28
Laboratorio Eletrizacão - Condutores - Terra	Sim	5	1	00:00:40	00:01:00	-	00:00:20
<b>Quiz condutores Terra e Homem</b>	<b>Sim</b>	2	2,79	00:02:35	00:03:00	-	00:00:25
Laboratorio Eletrizacão por Contato	Sim	5	1	00:00:24	00:00:30	-	00:00:06
Laboratorio Eletrizacão por Inducao	Sim	5	1	00:00:13	00:01:00	-	00:00:47
Laboratorio Eletrizacão por Inducao - Terra	Sim	5	1	00:00:02	00:01:00	-	00:00:58
<b>Quiz eletrizacao por contato e por inducao</b>	<b>Sim</b>	2	1,98	00:02:54	00:03:00	-	00:00:06
Consulta de desempenho	Sim	6	1	00:01:17	00:00:30	+	00:00:47
TOTAL - Atividades realizadas SIM - Tempo padrao realizado	21	2	35,88	00:45:19	00:38:25	+	00:06:54
TOTAL - Atividades realizadas NAO - Tempo padrao comparacão	4	-	4	5	00:39:55	7	6
Índice de similaridade .....	8 Jaccard	0,72		Sorensen	0,84		
Distância Euclidiana		19,53	9				

Fonte: Autoria própria.

Ainda, no rodapé da Figura 50, estão disponíveis alguns indicadores que balizaram as análises conduzidas nesta pesquisa. No detalhe 2 pode ser vista a pontuação total atribuída ao “aluno68”, neste caso 35,88 pontos, conforme os critérios estabelecidos e descritos logo acima. O detalhe 3 mostra a quantidade de atividades realizada e as não realizadas (21 realizadas e 4 não realizadas para o “aluno68”), já o detalhe 4 apresenta a soma do tempo de permanência do “aluno68” em todas as atividades (00:45:19), tendo a soma do tempo padrão para as atividades realizadas apresentado no detalhe 5 (00:38:25), a diferença entre a permanência e o padrão e se esta foi positiva ou negativa, mostrado no detalhe 6 (+ 00:06:54) e no detalhe 7 o total de tempo padrão se todas as atividades tivessem sido realizadas (00:39:55).

Também, foram calculados os índices de similaridade entre as atividades realizadas e não realizadas pelo “aluno68” em comparação ao aluno padrão “aluno77”, os índices correspondentes são 0,72 para Jaccard e 0,84 para Sorensen, podendo ser examinados no detalhe 8. Por fim, o detalhe 9 mostra o resultado da aplicação da fórmula de Distância

Euclidiana do “aluno68” para o “aluno77”, que corresponde a 19,53. Vale ressaltar que a Distância Euclidiana é calculada com a pontuação e a quantidade de tarefas realizadas pelo “aluno68” (35,88 e 21, respectivamente) em relação à pontuação e a quantidade de tarefas definidas para o aluno padrão (55 e 25, respectivamente).

Acredita-se que a sintetização das informações nos relatórios de movimentação do avatar, de atividades do avatar e de desempenho no teste, permite uma visão global mais abrangente do aluno e permite ampliar as possibilidades de análise. Pensando em agrupar todos estes indicadores, foi elaborada uma consulta que permite visualizar os principais elementos de cada uma destas fontes em uma interface apenas, conforme mostrado parcialmente na Figura 51 e descrita na sequência.

Figura 51: Consulta dos indicadores de movimentação, atividades e testes dos alunos.

Aluno	At.Realiz	AtNAOReal	Pontos	Permanc	+/-	Dif.:39:55	Turma	Jaccard A	Sorensen A	D.Euclid.A	Jaccard S	Sorensen S	Permanen S	Temp Login	MPTeste	QtTeste
aluno21	9	16	20	00:19:01	+	00:01:56	1aEM	0,22	0,36	38,49	0,57	0,73	0,03	00:47:10	72,17	5
aluno22	10	15	22	00:18:27	+	00:00:22	1aEM	0,25	0,40	36,68	0,57	0,73	0,03	00:47:23	75,17	5
aluno23	16	9	25	00:19:35	-	00:02:30	2sCC	0,47	0,64	31,79	0,57	0,73	0,02	00:32:47	44,50	5
aluno24	9	16	18	00:19:19	+	00:00:14	2sCC	0,22	0,36	40,05	0,45	0,63	0,02	00:33:03	79,33	6
aluno25	2	23	4	00:08:01	+	00:04:26	2aEM	0,04	0,08	55,58	0,32	0,48	0,04	01:07:35	13,33	1
aluno26	6	19	9	00:10:17	-	00:00:28	2sCC	0,14	0,24	49,40	0,48	0,65	0,01	00:57:30	13,33	1
aluno27	17	8	27	00:26:28	-	00:01:22	2aEM	0,52	0,68	29,26	0,60	0,75	0,03	00:54:26	49,17	5
aluno28	12	13	24	00:28:42	+	00:02:22	2aEM	0,32	0,48	33,89	0,57	0,73	0,03	00:59:15	90,00	6
aluno29	13	12	20	00:22:15	-	00:01:35	2aEM	0,35	0,52	37,10	0,57	0,73	0,03	00:44:48	43,83	3
aluno31	14	11	26	00:35:23	+	00:07:28	2aEM	0,39	0,56	30,79	0,48	0,65	0,03	00:49:28	51,33	4
aluno32	7	18	9	00:13:47	-	00:03:23	2aEM	0,16	0,28	49,69	0,45	0,63	0,04	01:03:41	28,83	3
aluno33	2	23	4	00:04:14	+	00:00:39	2aEM	0,04	0,08	56,13	0,16	0,27	0,02	01:08:48	10,00	1
aluno34	11	14	16	00:15:36	-	00:01:59	2aEM	0,28	0,44	41,63	0,50	0,67	0,03	00:51:51	15,50	1
aluno35	8	17	16	00:15:41	-	00:04:09	2aEM	0,19	0,32	42,10	0,52	0,69	0,02	00:43:08	69,33	5
aluno36	7	18	15	00:15:24	+	00:00:19	2aEM	0,16	0,28	43,51	0,45	0,63	0,02	00:43:08	68,83	5

Fonte: Autoria própria.

A consulta é composta pelas seguintes colunas relacionadas às atividades estão presentes na Figura 51: (1) ‘Aluno’ – informa o avatar do aluno (por questão de espaço, a Figura 51 mostra apenas o nome do avatar, o sobrenome foi ocultado); (2) ‘At.Realiz’ – número de atividades realizadas; (3) ‘AtNAOReal’ – quantidade de atividades não realizadas; (4) ‘Pontos’ – pontuação alcançada no relatório das atividades; (5) ‘Permanc’ – tempo total de permanência nas atividades; (6) ‘+/-’ – indicativo de diferença positiva ou negativa; (7) ‘Dif.:39:55’ – diferença de tempo entre a permanência nas atividade e o tempo padrão de 39 m 55s; (8) ‘Turma’ – turma do aluno; (9) ‘Jaccard A’ – índice de similaridade de Jaccard das atividades entre o aluno e o aluno padrão; (10) ‘Sorensen A’ – índice de similaridade de Sorensen das atividades entre o aluno e o aluno padrão; (11) ‘D.Euclid.A’ – distância euclidiana da pontuação e atividades realizadas entre o aluno e o aluno padrão.

Em relação à movimentação do avatar e a coleta de dados dos sensores de localização, os seguintes campos estão presentes na Figura 51: (12) ‘Jaccard S’ – índice de similaridade de

Jaccard dos sensores entre o aluno e o aluno padrão; (13) ‘Sorensen S’ – índice de similaridade de Sorensen dos sensores entre o aluno e o aluno padrão; (14) ‘Permanen S’ – tempo total de permanência nos sensores; (15) ‘Temp Login’ – tempo total de login no OpenSim. Por fim, referente aos testes, os campos (16) ‘MPQuiz’ – média ponderada dos testes; (17) ‘QtQuiz’ – quantidade de testes respondidos. O detalhe 1 da Figura 51 mostra estes campos.

### 6.3 Agrupamentos dos indicadores (*clusters*)

Buscando entender se e como as escalas de Flow estão relacionadas com um melhor desempenho acadêmico, foram realizados vários agrupamentos (*clusters*) com os indicadores coletados nos questionários e no registro digital, conforme descritos no início deste capítulo.

O agrupamento foi realizado objetivando aglomerar o público alvo em 3 grupos (*clusters*) com características similares. Para isto foram definidos 3 centroides e para cada centroide foi especificado um valor inicial para os indicadores utilizados. Com o cálculo dos agrupamentos realizado, os alunos foram classificados por grupo e foram verificados os valores mínimo, máximo e da média geral de cada indicador que estava sendo comparado para cada agrupamento. Os três agrupamentos calculados serão referenciados de agora em diante no texto como cluster1, cluster2 e cluster3, respectivamente. As análises dos agrupamentos são descritas em seguida.

#### 6.3.1 Escala de Flow X Desempenho nos testes

A aglomeração da escala de Flow e do desempenho nos testes permite observar que o cluster3 apresentou melhores indicadores no geral; mesmo que a média de Flow seja 0,23% menor do que a do cluster1, o desempenho nos testes é 230% maior do que o apresentado no cluster1. Ainda, o cluster3 apresenta Flow (4,17%) e desempenho (48,51%) superiores ao cluster2. A Figura 52 apresenta estes agrupamentos.

Figura 52: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho nos Testes

Relação FLOW X Desempenho nos Testes			
<b>Cluster 1</b>			
Qtd FSS2	4	29%	do cluster
Qtd	14	29%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	
Mínimo	2,50	1,00	
Máximo	4,69	3,53	
Média	<b>3,78</b>	<b>2,21</b>	
<b>Cluster 2</b>			
Qtd FSS2	2	13%	
Qtd	16	33%	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	
Mínimo	2,67	4,07	
Máximo	4,47	6,03	
Média	<b>3,62</b>	<b>4,91</b>	
<b>Cluster 3</b>			
Qtd FSS2	5	26%	
Qtd	19	39%	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	
Mínimo	2,92	6,22	
Máximo	4,75	9,00	
Média	<b>3,77</b>	<b>7,29</b>	

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.2 Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de testes

A junção dos valores da escala de Flow, do desempenho e agora do número de testes respondidos permite outra análise para os grupos. Verifica-se que o cluster3 possui maiores médias de escala de Flow, desempenho e número de testes respondidos, com incrementos de 1,68%, 161,12% e 140,58% respectivamente em relação ao cluster1 e 5,22%, 26,87% e 14,28% comparado ao cluster2. Nota-se que a inserção da variável quantidade de testes respondidos alterou os agrupamentos e permitiu identificar que a maior escala de Flow, o maior desempenho nos testes e o maior número de testes respondidos possui uma relação entre si. A Figura 53 demonstra os três clusters.

Figura 53: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de Testes.

Relação FLOW X Desempenho X Qtd Quizzes				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	5	25%	do cluster	
Qtd	20	41%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Quizzes</b>	
Mínimo	2,50	1,00	1,00	
Máximo	4,69	4,43	4,00	
Média	<b>3,74</b>	<b>2,82</b>	<b>2,30</b>	
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	2	11%	do cluster	
Qtd	19	39%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Quizzes</b>	
Mínimo	2,67	4,45	4,00	
Máximo	4,19	7,03	6,00	
Média	<b>3,61</b>	<b>5,80</b>	<b>4,84</b>	
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	4	40%	do cluster	
Qtd	10	20%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Quizzes</b>	
Mínimo	3,11	5,63	4,00	
Máximo	4,75	9,00	6,00	
Média	<b>3,80</b>	<b>7,36</b>	<b>5,53</b>	

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.3 Escala de Flow X Pré-Teste

A reunião dos números da Escala de Flow e do Pré-Teste, mostrou que o cluster3 possui os melhores indicadores, mesmo demonstrando uma redução de 0,11% em relação ao Flow do cluster2, possui desempenho no Pré-Teste que é 24,91% maior do que o cluster2. Já para o cluster1, apresenta valores maiores, tanto para Flow (4,68%) quanto para Pré-Teste (84,42%). A Figura 54 mostra os grupos.

Figura 54: Agrupamento Escala de Flow X Pré-Teste.

Relação FLOW X Pre Teste				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	3	20%	do cluster	
Qtd	15	31%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pré</b>		
Mínimo	2,50	4,00		
Máximo	4,75	6,00		
Média	<b>3,60</b>	<b>5,13</b>		
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	4	21%	do cluster	
Qtd	19	39%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pré</b>		
Mínimo	3,25	7,00		
Máximo	4,69	8,00		
Média	<b>3,78</b>	<b>7,58</b>		
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	4	27%	do cluster	
Qtd	15	31%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pré</b>		
Mínimo	2,86	9,00		
Máximo	4,47	10,00		
Média	<b>3,77</b>	<b>9,47</b>		

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.4 Escala de Flow X Pós-Teste

A concentração dos dados da Escala de Flow e do Pós-Teste permitem verificar dados interessantes entre os clusters. O cluster3 em relação ao cluster1 exibiu médias maiores: 10,23% para Flow e 78,29% para o Pós-Teste; e em relação ao cluster2 foram 4,36% para o Flow e 15,38% para o Pós-Teste.

Outra consideração sobre este agrupamento foi a sua comparação com o Pré-Teste, pois a aplicação dos questionários aconteceu em momentos temporais diferentes e o Pós-Teste ocorreu após o uso do Laboratório educacional Virtual. Assim, é possível perceber que mesmo apresentando escala de Flow menor no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste no cluster1 (1%) o desempenho no Pós-Teste é maior do que o do Pré-Teste (9%), como visto na Figura 55, detalhe 1. Para o cluster2 a escala de Flow no Pós-Teste é idêntica à do Pré-Teste, mas o desempenho do Pós-Teste é maior do que o do Pré-Teste (14%), apresentado no detalhe 2 da Figura 55. Por fim, no cluster3, tanto escala de Flow, quanto desempenho do Pós-Teste apresenta incremento de 5% e 6% sobre o Pré-Teste, presente no detalhe 3 da Figura 55.

Esta análise permite considerar que para o cluster3, após o uso do Laboratório Educacional Virtual houve aumento da escala de Flow e incremento no desempenho de

respostas corretas no questionário de Pós-Teste. Assim, se constata a aprendizagem dos conteúdos disponibilizados pelo Laboratório Educacional Virtual por estes alunos.

Figura 55: Agrupamento Escala de Flow X Pós-Teste.

Relação FLOW X Pos Teste					
<b>Cluster 1</b>					
Qtd FSS2	3	13%	do cluster		
Qtd	23	47%	do total		
	<b>FLOW</b>	<b>Pos</b>	Sobre Pre teste		
Mínimo	2,50	2,00	0%	-50%	
Máximo	4,69	7,00	-1%	17%	
Média	<b>3,58</b>	<b>5,61</b>	-1%	9%	← 1
<b>Cluster 2</b>					
Qtd FSS2	4	27%	do cluster		
Qtd	15	31%	do total		
	<b>FLOW</b>	<b>Pos</b>	Sobre Pre teste		
Mínimo	2,86	8,00	-12%	14%	
Máximo	4,75	9,00	1%	13%	
Média	<b>3,78</b>	<b>8,67</b>	0%	14%	← 2
<b>Cluster 3</b>					
Qtd FSS2	4	36%	do cluster		
Qtd	11	22%	do total		
	<b>FLOW</b>	<b>Pos</b>	Sobre Pre teste		
Mínimo	3,39	10,00	18%	11%	
Máximo	4,47	10,00	0%	0%	
Média	<b>3,94</b>	<b>10,00</b>	5%	6%	← 3

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.5 Escala de Flow X Pontuação das Atividades

A aglomeração dos valores da Escala de Flow e da Pontuação das Atividades, semelhantemente a combinação da Escala de Flow com o Desempenho nos Testes, produziu a redução do Flow do cluster3 em relação ao cluster1 em 0,22%, mas produziu um aumento de 206,58% para a pontuação das atividades. Já em relação ao cluster2 houve aumento de 7,70% para o Flow e 56,50% para a pontuação das atividades. Na Figura 56 é possível verificar estes *clusters*.

Figura 56: Agrupamento Escala de Flow X Pontuação das Atividades.

Relação FLOW X Pontuacao das Atividades				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	6	35%	do cluster	
Qtd	17	35%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pontos</b>		
Mínimo	2,50	4,00		
Máximo	4,75	17,00		
Média	<b>3,86</b>	<b>11,29</b>		
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	3	13%	do cluster	
Qtd	24	49%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pontos</b>		
Mínimo	2,67	16,00		
Máximo	4,31	27,00		
Média	<b>3,58</b>	<b>22,13</b>		
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	2	25%	do cluster	
Qtd	8	16%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Pontos</b>		
Mínimo	3,39	29,00		
Máximo	4,47	41,00		
Média	<b>3,85</b>	<b>34,63</b>		

Fonte: Autoria própria.



### 6.3.6 Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós-Teste

Este agrupamento apresentou percentuais favoráveis à escala de Flow no cluster3 em relação aos outros dois *clusters*. Assim, se comparado ao cluster 1, o cluster3 demonstrou crescimento de 5,93% para o Flow, 148,16% para o desempenho nos testes e 71,64% para o Pós-Teste. Já, relacionando com o cluster2, o cluster3 produziu aumentos de 1,37% para o Flow, 50,66% para o desempenho nos testes e 5,69% para o Pós-Teste. A Figura 57 relata os valores dos grupos. Aqui também se observa a relação positiva do Flow, do desempenho e do Pós-Teste.

### 6.3.7 Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós-Teste X Pontos

Esta aglomeração quadrupla revelou números positivos para as escalas de Flow nas comparações do cluster3 com os demais clusters. Desta forma o cluster3 apresentou acréscimo para o Flow (6,40%); para o desempenho nos testes (153,95%); para o Pós-Teste (75,00%); e para a pontuação das atividades (72,09%) se comparado com o cluster1. Em comparação com o cluster2 foram aumentos de 5,99% para o Flow; 61,60% para o desempenho nos testes; 16,67% para o Pós-Teste; e 27,96% para a pontuação das atividades. O exame deste *cluster* indica que o aumento do Flow está relacionado com um melhor desempenho nos testes, no Pós-Teste e na pontuação das atividades, sendo significativo para apoiar a importância do estado de Flow na melhoria da aprendizagem. A Figura 58 contém os valores deste aglomerado.

Figura 57: Escala de Flow X Desempenho nos Testes X Pós-Teste

Relação FLOW X Desempenho X Pós-Teste				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	3	17%	do cluster	
Qtd	18	37%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	
Mínimo	2,50	1,00	2,00	
Máximo	4,69	6,43	7,00	
Média	<b>3,60</b>	<b>2,98</b>	<b>5,28</b>	
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	3	21%	do cluster	
Qtd	14	29%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	
Mínimo	2,86	2,47	6,00	
Máximo	4,47	6,42	10,00	
Média	<b>3,76</b>	<b>4,90</b>	<b>8,57</b>	
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	5	29%	do cluster	
Qtd	17	35%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	
Mínimo	3,11	6,22	7,00	
Máximo	4,75	9,00	10,00	
Média	<b>3,82</b>	<b>7,39</b>	<b>9,06</b>	

Fonte: Autoria própria.

Figura 58: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho Testes X Pós-Teste X Pontos

Relação FLOW X Desempenho X Pós Teste X Pontos				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	2	12%	do cluster	
Qtd	17	35%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	<b>Pontos</b>
Minimo	2,50	1,00	2,00	0,40
Máximo	4,69	5,92	7,00	3,00
Média	<b>3,62</b>	<b>2,77</b>	<b>5,14</b>	<b>1,45</b>
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	2	14%	do cluster	
Qtd	14	29%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	<b>Pontos</b>
Minimo	2,86	2,47	5,00	0,80
Máximo	4,47	6,43	10,00	3,70
Média	<b>3,63</b>	<b>4,36</b>	<b>7,71</b>	<b>1,95</b>
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	7	39%	do cluster	
Qtd	18	37%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Pós</b>	<b>Pontos</b>
Minimo	3,11	4,43	6,00	1,30
Máximo	4,75	9,00	10,00	4,10
Média	<b>3,85</b>	<b>7,05</b>	<b>9,00</b>	<b>2,50</b>

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.8 Escala de Flow X Desempenho X Quantidade de testes X Pós-Teste

Neste novo agrupamento quadruplo, é possível confirmar a relação entre Flow e outros indicadores, desta vez desempenho nos testes, quantidade de testes respondidos e Pós-Teste. A comparação do cluster3 com o cluster1 revelam os seguintes percentuais positivos: 5,27% para Flow; 198,25% para o desempenho nos testes; 162,50% para a quantidade de testes; e 76,25% para o Pós-Teste. Da mesma forma para o cluster2 os acréscimos são: 7,23% para Flow; 37,19% para o desempenho nos testes; 33,00% para a quantidade de testes; e 20,68% para o Pós-Teste. Na Figura 59 pode ser vistos os valores analisados.

Figura 59: Agrupamento Escala de Flow X Desempenho X Quant.de testes X Pós-Teste

Relação FLOW X Desempenho X Qtd Quizzes X Pos				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	3	20%	do cluster	
Qtd	15	31%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Qtd Quizz</b>	<b>Pós</b>
Minimo	2,50	1,00	1,00	2,00
Máximo	4,69	4,27	4,00	7,00
Média	<b>3,69</b>	<b>2,45</b>	<b>2,13</b>	<b>5,33</b>
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	3	16%	do cluster	
Qtd	19	39%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Qtd Quizz</b>	<b>Pós</b>
Minimo	2,67	2,47	2,00	4,00
Máximo	4,47	7,52	6,00	10,00
Média	<b>3,62</b>	<b>5,33</b>	<b>4,21</b>	<b>7,79</b>
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	5	33%	do cluster	
Qtd	15	31%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Desemp.</b>	<b>Qtd Quizz</b>	<b>Pós</b>
Minimo	3,11	5,63	5,00	8,00
Máximo	4,75	9,00	6,00	10,00
Média	<b>3,88</b>	<b>7,32</b>	<b>5,60</b>	<b>9,40</b>

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.9 Escala de Flow X Tempo de permanência nas atividades

Diferente dos aglomerados anteriores, aqui se considerou a escala de Flow e o tempo de permanência nas atividades. Cabe observar que o tempo foi convertido para a representação decimal para a realização dos cálculos. Desta forma, a Figura 60 apresenta ambos os formatos de representação da hora.

Figura 60: Agrupamento Escala de Flow X Tempo de permanência nas atividades

Relação FLOW X Tempo de PERMANÊNCIA nas ATIVIDADES			
<b>Cluster 1</b>			
Qtd FSS2	0	0%	do cluster
Qtd	14	29%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Mínimo	2,50	0,09	00:05:40
Máximo	3,42	0,84	00:50:20
Média	<b>3,14</b>	<b>0,32</b>	<b>00:19:02</b>
<b>Cluster 2</b>			
Qtd FSS2	4	14%	do cluster
Qtd	28	57%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Mínimo	3,53	0,07	00:04:14
Máximo	4,11	1,11	01:06:46
Média	<b>3,83</b>	<b>0,44</b>	<b>00:26:30</b>
<b>Cluster 3</b>			
Qtd FSS2	7	100%	do cluster
Qtd	7	14%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Mínimo	4,19	0,17	00:10:02
Máximo	4,75	0,71	00:42:26
Média	<b>4,46</b>	<b>0,39</b>	<b>00:23:09</b>

Fonte: Autoria própria.

Nas comparações dos cluster3 com o cluster1, vê-se um aumento tanto na escala de Flow (41,79%), quanto no tempo de permanência nas atividades (21,57%). Porém, para a comparação do cluster3 com o cluster2 há uma pequena diferença, a escala de Flow cresce 16,40%, mas o tempo de permanência nas atividades diminui em 12,65%. Em um momento futuro, considerar o que representa a redução do tempo de permanência nas atividades.

### 6.3.10 Escala de Flow X Tempo de permanência nos sensores

Agora, diferente do tempo de permanência nas atividades, as comparações entre o cluster3 e os outros dois é positiva. A relação do cluster3 com o cluster1 produz incremento de 38,65% para o Flow e 11,58% para a permanência nos sensores. Por sua vez, com o cluster2, os percentuais são: 15,38% para Flow e 0,70% para a permanência nos sensores. A Figura 61 demonstra estes clusters.

Figura 61: Agrupamento Escala de Flow X Tempo de permanência nos sensores

Relação FLOW X Tempo de PERMANÊNCIA nos SENSORES			
Cluster 1			
Qtd FSS2	0	0%	do cluster
Qtd	17	35%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Minimo	2,50	0,37	00:22:25
Máximo	3,58	1,33	01:19:31
Média	<b>3,21</b>	<b>0,77</b>	<b>00:46:04</b>
Cluster 2			
Qtd FSS2	4	16%	do cluster
Qtd	25	51%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Minimo	3,58	0,35	00:20:43
Máximo	4,11	1,35	01:20:47
Média	<b>3,86</b>	<b>0,85</b>	<b>00:51:03</b>
Cluster 3			
Qtd FSS2	7	100%	do cluster
Qtd	7	14%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Tempo Dec</b>	<b>Tempo</b>
Minimo	4,19	0,49	00:29:22
Máximo	4,75	1,44	01:26:24
Média	<b>4,46</b>	<b>0,86</b>	<b>00:51:25</b>

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.11 Escala de Flow X Atividades Realizadas

O agrupamento da Escala de Flow e das Atividades Realizadas permite visualizar os seguintes aumentos para as comparações entre o cluster3 e o cluster1: 3,76% para o Flow e 250,79% para as atividades realizadas. Para a comparação entre o cluster3 e o cluster2 os crescimentos são de 7,26% para o Flow e 69,97% para as atividades realizadas. A Figura 62 apresenta os agrupamentos.

Figura 62: Agrupamento Escala de Flow X Atividades Realizadas

Relação FLOW X ATIVIDADES REALIZADAS			
Cluster 1			
Qtd FSS2	5	36%	do cluster
Qtd	14	29%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>	
Minimo	2,50	2,00	
Máximo	4,75	9,00	
Média	<b>3,76</b>	<b>6,36</b>	
Cluster 2			
Qtd FSS2	3	12%	do cluster
Qtd	25	51%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>	
Minimo	2,67	10,00	
Máximo	4,31	17,00	
Média	<b>3,63</b>	<b>13,12</b>	
Cluster 3			
Qtd FSS2	3	30%	do cluster
Qtd	10	20%	do total
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>	
Minimo	3,39	18,00	
Máximo	4,47	25,00	
Média	<b>3,90</b>	<b>22,30</b>	

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.12 Escala de Flow X Atividades Não Realizadas

Este agrupamento é o único em nossas análises que inverteu os percentuais de crescimento do cluster3 para o cluster1.

Assim, o cluster1, comparado com cluster2 apresentou crescimento de 2,57% para Flow e decréscimo de 77,27% para as atividades não realizadas. Para a comparação do cluster1 com o cluster3 houve acréscimo de 8,26% para o Flow e redução de 85,52% para as atividades não realizadas. Estes clusters são inversamente proporcionais aos clusters da sessão 6.3.11, mas confirma a importância de Flow quando do alto número de tarefas realizadas e do baixo número de tarefas não realizadas. A Figura 63 apresenta os clusters desta seção.

Figura 63: Agrupamento Escala de Flow X Atividades Não Realizadas

Relação FLOW X ATIVIDADES "NÃO" REALIZADAS				
<b>Cluster 1</b>				
Qtd FSS2	3	30%	do cluster	Ativ.
Qtd	10	20%	do total	25
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>		
Mínimo	3,39	0,00		
Máximo	4,47	7,00		
Média	<b>3,86</b>	<b>2,70</b>		
<b>Cluster 2</b>				
Qtd FSS2	5	20%	do cluster	
Qtd	25	51%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>		
Mínimo	2,86	8,00		
Máximo	4,75	15,00		
Média	<b>3,76</b>	<b>11,88</b>		
<b>Cluster 3</b>				
Qtd FSS2	3	21%	do cluster	
Qtd	14	29%	do total	
	<b>FLOW</b>	<b>Questões</b>		
Mínimo	2,50	16,00		
Máximo	4,69	23,00		
Média	<b>3,56</b>	<b>18,64</b>		

Fonte: Autoria própria.

#### 6.4 Análises qualitativas

De modo a ampliar as descobertas sobre a influência do Flow no desempenho do público alvo, foram realizadas análises qualitativas considerando o conjunto total dos alunos, os alunos do GA11; e agora, adicionando um grupo com os alunos de melhor desempenho no Pós-Teste, ou seja, com nota igual ou superior a 8 no Pós-Teste, e que daqui em diante será referenciado como POS8.

O grupo POS8 é formado por 26 alunos, tendo com requisito único de seleção o desempenho igual ou superior a 8 no Pós-Teste. Então, não são consideradas as quantidades de testes respondidos no Laboratório Educacional Virtual, o desempenho nestes testes, a pontuação pela realização das atividades no ambiente virtual ou outro parâmetro.

As análises realizadas nesta seção consideraram a movimentação do aluno pelo ambiente virtual, as atividades realizadas no Laboratório Educacional Virtual, as dimensões de Flow percebidas pelos alunos, o Pré-Teste, o Pós-Teste e outros indicadores que sejam pertinentes. O Quadro 10 demonstra a classificação das dimensões de Flow por sua escala média.

Quadro 10: Classificação das dimensões de Flow pela escala média – Todos-GA11-POS8

TODOS		GA11		POS8	
Dimensão de Flow	Escala	Dimensão de Flow	Escala	Dimensão de Flow	Escala
7) Perda da autoconsciência reflexiva	4,17	7) Perda da autoconsciência reflexiva	4,32	7) Perda da autoconsciência reflexiva	4,32
9) Experiência autotélica	4,10	9) Experiência autotélica	4,27	9) Experiência autotélica	4,23
6) Sensação de controle	3,83	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	3,93	6) Sensação de controle	3,98
1) Equilíbrio entre desafios/habilidades	3,78	8) Distorção da experiência temporal	3,93	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	3,91
8) Distorção da experiência temporal	3,57	4) Feedback imediato	3,82	4) Feedback imediato	3,68
3)Objetivos claros	3,56	6) Sensação de controle	3,82	8) Distorção da experiência temporal	3,68
4) Feedback claro e imediato	3,55	3)Objetivos claros	3,75	3) Objetivos claros	3,67
5) Concentração intensa/focada na tarefa	3,51	5) Concentração intensa/focada na tarefa	3,64	5) Concentração intensa/focada na tarefa	3,60
2) Fusão da ação e da consciência	3,44	2) Fusão da ação e da consciência	3,43	2)Fusão da ação e da consciência	3,57

Fonte: Autoria própria.

Buscando verificar a influência de Flow no desempenho dos participantes da pesquisa, os alunos do GA11 são apresentados na Figura 64 e os alunos do POS8 são mostrados na Figura 65, já o Flow de todos os alunos pode ser visto na Figura 31.

Figura 64: Dimensões de Flow e suas escalas – GA11.

Dimensão	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	2) Fusão da ação e da consciência	3)Objetivos claros	4) Feedback imediato	5) Concentração intensa e focada na tarefa	6) Sensação de controle	7) Perda da autoconsciência reflexiva	8) Distorção da experiência temporal	9) Experiência autotélica	FLOW Geral
aluno24	4,50	4,75	5,00	4,25	4,75	5,00	4,50	5,00	5,00	4,75
aluno69	4,50	3,50	3,75	4,75	4,50	4,75	5,00	4,50	5,00	4,47
aluno68	4,00	3,75	3,75	4,00	4,25	3,50	4,25	4,25	4,50	4,03
aluno53	3,50	3,75	4,25	4,00	3,75	4,00	4,50	4,00	4,50	4,03
aluno43	4,00	2,75	3,50	4,00	3,25	4,00	4,75	4,75	4,50	3,94
aluno49	3,75	3,25	4,00	4,00	4,25	3,75	4,25	4,00	4,00	3,92
aluno62	3,75	3,50	4,50	4,25	3,75	3,75	4,25	3,00	3,75	3,83
aluno44	4,00	2,50	3,50	3,25	2,50	4,25	5,00	3,25	4,75	3,67
aluno28	4,50	3,25	3,25	3,75	3,75	3,25	3,75	3,00	3,25	3,53
aluno70	3,75	3,00	3,00	3,00	3,25	3,00	3,50	4,00	4,00	3,39
aluno66	3,00	3,75	2,75	2,75	2,00	2,75	3,75	3,50	3,75	3,11
Médias	3,93	3,43	3,75	3,82	3,64	3,82	4,32	3,93	4,27	3,88

Fonte: Autoria própria.

Figura 65: Dimensões de Flow e suas escalas – POS8.

Dimensão	1) Equilíbrio entre desafios e habilidades	2) Fusão da ação e da consciência	3)Objetivos claros	4) Feedback imediato	5) Concentração intensa e focada na tarefa	6) Sensação de controle	7) Perda da autoconsciência reflexiva	8) Distorção da experiência temporal	9) Experiência autotélica	FLOW Geral
aluno27	3,50	3,75	4,00	3,50	4,00	4,00	5,00	3,75	4,75	4,03
aluno28	4,50	3,25	3,25	3,75	3,75	3,25	3,75	3,00	3,25	3,53
aluno35	3,75	3,75	3,50	3,25	4,50	4,50	5,00	4,50	4,25	4,11
aluno36	4,50	3,50	3,50	3,50	4,00	4,50	5,00	4,25	5,00	4,19
aluno38	4,25	4,50	3,75	4,25	4,25	5,00	5,00	4,25	5,00	4,47
aluno39	4,00	3,25	3,00	3,75	4,25	4,75	4,25	4,00	4,75	4,00
aluno43	4,00	2,75	3,50	4,00	3,25	4,00	4,75	4,75	4,50	3,94
aluno48	3,00	4,00	3,00	3,00	2,75	4,25	4,50	4,25	3,50	3,58
aluno53	3,50	3,75	4,25	4,00	3,75	4,00	4,50	4,00	4,50	4,03
aluno61	4,50	3,50	4,00	3,50	5,00	4,00	4,75	2,75	5,00	4,11
aluno70	3,75	3,00	3,00	3,00	3,25	3,00	3,50	4,00	4,00	3,39
aluno31	3,75	3,25	3,75	3,25	3,50	3,50	3,00	3,75	4,00	3,53
aluno37	2,75	3,25	3,00	2,25	2,50	2,75	3,00	2,25	4,00	2,86
aluno50	4,00	3,00	3,75	4,25	3,75	4,00	3,75	4,00	4,00	3,83
aluno58	3,75	3,25	4,50	4,75	3,75	4,75	5,00	1,50	2,75	3,78
aluno64	4,75	3,25	3,00	3,50	3,00	3,00	4,75	3,75	4,25	3,69
aluno65	4,75	4,75	4,50	4,25	3,75	4,25	4,50	3,50	4,50	4,31
aluno66	3,00	3,75	2,75	2,75	2,00	2,75	3,75	3,50	3,75	3,11
aluno67	3,75	3,00	3,25	3,50	3,50	3,75	3,75	3,75	4,25	3,61
aluno68	4,00	3,75	3,75	4,00	4,25	3,50	4,25	4,25	4,50	4,03
aluno69	4,50	3,50	3,75	4,75	4,50	4,75	5,00	4,50	5,00	4,47
aluno24	4,50	4,75	5,00	4,25	4,75	5,00	4,50	5,00	5,00	4,75
aluno29	4,00	4,00	4,00	4,00	3,75	4,00	4,00	3,25	4,00	3,89
aluno44	4,00	2,50	3,50	3,25	2,50	4,25	5,00	3,25	4,75	3,67
aluno51	4,25	4,00	4,25	3,75	3,25	4,25	4,00	4,00	4,00	3,97
aluno56	2,75	3,75	4,00	3,75	2,00	3,75	4,00	2,00	2,75	3,19
Médias	3,91	3,57	3,67	3,68	3,60	3,98	4,32	3,68	4,23	3,85

Fonte: Autoria própria.

Considerando as escalas das dimensões de Flow apresentadas nas Figuras 31, 64 e 65, é possível identificar que os alunos do GA11 autodeclararam uma média de Flow de 3,88 (DP=0,44), superior àquela manifestada pelo total de alunos, que foi de 3,72 (DP= 0,48) e levemente superior a do grupo POS8, declarada em 3,85 (DP=0,43).

Observando-se o Quadro 10, percebe-se que os alunos do universo pesquisado perceberam as dimensões ‘Perda da autoconsciência reflexiva’ e ‘Experiência autotélica’ de forma mais intensa em sua vivência de Flow, na respectiva ordem. Da mesma forma, o conjunto total de participantes relatou que as dimensões ‘Concentração intensa e focada na tarefa’ e ‘Fusão da ação e da consciência’ foram percebidas como menos intensidade na experimentação de Flow.

Neste sentido, comparando os alunos do universo pesquisado com os alunos do grupo GA11, as dimensões que variaram na ordem de intensidade foram: ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, ‘Distorção da experiência temporal’, ‘*Feedback* imediato’, ‘Sensação de controle’ e ‘Objetivos claros’. Já para os alunos do grupo POS8, as dimensões que apresentaram intensidade diferente do universo de participantes foram: ‘*Feedback* imediato’, ‘Distorção da experiência temporal’ e ‘Objetivos claros’. Entre os grupos GA11 e POS8, as dimensões ‘Sensação de controle’, ‘Distorção da experiência temporal’ e ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ tiveram distintas intensidades de sensação. Como a diferença de sensibilidade das dimensões de Flow entre o universo pesquisado e o GA11 foi explanado na seção 6.1.3.1, aqui serão observadas as relações entre o universo pesquisado e o grupo POS8.

Então, na relação entre o universo pesquisado e o grupo POS8, nota-se que este grupo percebeu a dimensão ‘*Feedback* imediato’ de forma mais vívida do que a dimensão ‘Distorção da experiência temporal’ para os participantes no geral. Entendeu-se que isto aconteceu por que os alunos do POS8 perceberam a necessidade do ‘*Feedback* imediato’ para constantemente verificar e manter a dimensão de ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’, a qual é a dimensão mais próxima, acima do ‘*Feedback* imediato’, o que é justificado pela afirmação de que as dimensões ‘*Feedback* imediato’ e ‘Equilíbrio entre desafios e habilidades’ criam condições para a entrada no estado de Flow (CSIKSZENTMIHALYI, 1990).

Já a força sentida para a dimensão ‘Distorção da experiência temporal’, pelo POS8, em relação à dimensão ‘Objetivos claros’, para o universo pesquisado; é vista como resultado do equilíbrio entre os desafios e as habilidades necessárias para realizá-la as atividades e a informação imediata do resultado da realização da atividade, o que provocou tranquilidade e

confiança nos alunos do POS8, levando-os a perceber o tempo de maneira distinta do tempo cronológico (CSIKSZENTMIHALYI, 1996).

Por fim, a alteração na veemência com que a dimensão ‘Objetivos claros’ foi sentida pelo POS8 em relação à dimensão ‘*Feedback* claro e imediato’ percebida por todos os alunos; foi assim entendida pelo autor: os alunos do POS8 se perceberam capazes, confiantes e possuíam referência em relação ao que estavam fazendo, de forma que perceberam os objetivos permeados entre a realização de uma e de outra atividade.

#### 6.5.1 Movimentação e realização de atividades pelos alunos no ambiente virtual

Nesta seção foram examinadas as dimensões dos trajetos percorridos pelos alunos do GA11 no ambiente virtual, bem como a proporção das atividades realizadas no Laboratório Educacional Virtual, conforme apresentado nos APÊNDICES de J até T.

Assim, verificando a movimentação e a realização das atividades para os alunos pertencentes aos GA11 (aluno24, aluno69, aluno68, aluno53, aluno43, aluno49, aluno62, aluno44, aluno28, aluno70 e aluno66), buscou-se detectar ações similares que pudessem servir de subsídio nas análises desta tese. Neste contexto a expressão “todo ou grande parte” significa que o aluno realizou 70% ou mais das atividades, a expressão “parte” identifica que de 40 a 69% das atividades foram efetuadas, e “poucas” indica que menos de 40% das atividades foram realizadas.

Com exceção do aluno24 e do aluno53, os demais alunos do GA11 transitaram por todo ou grande parte do cenário virtual, o que demonstra que os alunos visitaram os pontos do trajeto no ambiente virtual, obtendo assim, ciência da dimensão do ambiente e da proporção de tempo necessário para a realização das atividades.

No tocante à realização das atividades, os alunos aluno43, aluno70, aluno69, aluno44, aluno49 e aluno68 realizaram todas ou grande parte das atividades previstas no Laboratório Educacional Virtual. Já os alunos aluno62, aluno53, aluno66 e aluno28 executaram parte das atividades disponíveis, e por fim o aluno24 realizou poucas das atividades disponibilizadas no Laboratório Educacional Virtual.

Em relação à utilização do tempo de permanência no Laboratório Educacional Virtual, uma parte dos alunos do GA11 apresentou uma diferença de até 20%, para mais ou para menos, do seu tempo de permanência no laboratório, em relação ao aluno padrão (39 minutos e 55 segundos), os quais são: aluno44, aluno69, aluno49, aluno43 e aluno66. Já os alunos aluno70, aluno68, aluno62, aluno28 e aluno53 ficaram um tempo de 20 a 40% maior ou menor, em contato com as atividades de laboratório. O estudante que apresentou um



comportamento diferente dos citados anteriormente foi o aluno24, que permaneceu metade do tempo estimado para o aluno padrão.

Também, com respeito ao tempo de movimentação do aluno padrão pelo ambiente virtual (50 minutos e 39 segundos), os alunos aluno49, aluno43, aluno66, aluno62, aluno44 e aluno70 demonstraram uma variação de tempo de até 20%, para mais ou para menos. Por sua vez, os alunos aluno28, aluno53 e aluno24 exibiram uma diferença de tempo de movimentação no ambiente virtual de 20 a 40%, pra mais ou para menos. Por fim os alunos aluno68 e aluno69 percorreram o ambiente virtual com tempo superior a 40% em relação ao tempo do aluno padrão.

De modo geral, verificou-se que não há um padrão único de comportamento entre os alunos do GA11, sendo que os alunos podem apresentar comportamentos distintos para um quesito e comportamentos similares em relação a outro, o que permite uma gama de combinações possíveis. Optou-se por observar a movimentação no ambiente virtual, a realização ou não das atividades, o tempo utilizado, bem como aos resultados de desempenho obtidos. Assim, identificou-se que uma parcela de alunos do GA11 alcançou um melhor desempenho no Pós-Teste, nos testes e na pontuação das atividades do ambiente virtual: aluno28, aluno70, aluno43, aluno53, aluno24, aluno69, aluno68 e aluno66. Estes alunos apresentaram os seguintes aspectos aglutinadores: eles realizaram ‘todas ou grande parte’ ou ‘parte’ das atividades, circularam por todo ou quase todo o ambiente virtual em um tempo máximo de 40% em relação ao aluno padrão; ou seja, exploraram o ambiente e realizam a maioria das atividades em um tempo próximo ao tempo do aluno padrão. A exceção foi o aluno24 que despendeu o menor tempo para circular no ambiente virtual e para a realização das atividades, tanto que realizou somente os testes disponíveis no Laboratório Educacional Virtual.

A descoberta intrigante proveniente destas análises foi o baixo desempenho dos alunos aluno44, aluno49 e aluno62 no Pós-Teste, nos testes e na pontuação das atividades do ambiente virtual, uma vez que este trio; da mesma forma que os outros alunos do GA11, também executaram ‘todas ou grande parte’ das atividades, se movimentou por todo ou quase todo laboratório virtual, não ultrapassando uma diferença maior do que 40% em relação ao aluno padrão. Uma particularidade para os alunos aluno44, aluno49 e aluno62, é que a diferença entre Pós e Pré testes foi negativa ( $9 - 8 = -1$ ,  $8 - 6 = -2$  e  $5 - 4 = -1$ , respectivamente) e o desempenho nos testes do Laboratório Educacional Virtual são os mais baixos do GA11.

Como as informações do ambiente virtual não esclarecem os motivos deste baixo desempenho observou-se o ambiente físico onde foi realizado o experimento desta tese. Buscando a distribuição dos alunos no laboratório de informática, percebeu-se que os três alunos (aluno44, aluno49 e aluno62) tiveram do seu lado esquerdo e do seu lado direito, colegas que atingiram um alto desempenho (exceto no lado esquerdo do aluno44, que foi médio). Assim, a disposição destes três alunos pode ter favorecidos para que eles, percebendo o conhecimento e capacidade dos colegas, “colassem” as respostas e repetissem as ações dos ‘vizinhos’ no ambiente virtual. Um ponto que contraria esta suposição, é a escala de Flow apresentada por eles, todas acima de 3,5 pontos (aluno44 = 3,67, aluno49 = 3,92 e aluno62 = 3,83). Aqui se pode considerar a situação na qual um estudante pode se perceber em estado de Flow, mas não atuar na maneira como seria desejável no ambiente proposto, deixando de realizar experimentos ou fazendo as atividades com demasiada rapidez, conforme relatado por (DOMINGUEZ et al., 2013 e TAN e HEW, 2016).

## 6.5 Análises gerais

Além das análises apresentadas nas seções logo acima, ainda foi possível estabelecer outras investigações, na busca de ampliar a compreensão do significado dos dados coletados para o alcance dos objetivos desta pesquisa. Tomando-se por base os dados apresentados no APÊNDICE U realizaram-se as observações descritas a seguir.

É possível verificar que existe correlação positiva entre o estado de Flow indicado pelos alunos e a quantidade de testes que eles fizeram no ambiente virtual, entre o estado de Flow e a pontuação alcançada nas atividades realizadas, entre o estado de Flow e o desempenho nos testes; entre o estado de Flow e o resultado no Pós-Teste, e entre o estado de Flow e o crescimento vivenciado entre Pré e Pós-Teste. Embora estas correlações não sejam fortes em qualquer dos casos, as mais altas correlações percebidas foram entre a pontuação alcançada na realização das atividades e a diferença entre Pré e Pós-Teste, com coeficiente de 0,34; e entre o estado de Flow e o desempenho nos testes, com coeficiente de 0,46. Isto permite interpretar que aqueles que se envolveram mais ativamente nas atividades do Laboratório Educacional Virtual, e, portanto, tem pontuações mais elevadas nas atividades e nos testes, conseguiram um avanço maior entre o que eles sabiam, tal como avaliado no Pré-Teste, e o que eles passaram a saber, tal como avaliado no Pós-Teste.

Então, selecionando o grupo dos alunos que alcançaram melhor resultado no Pós-Teste (nota  $\geq 8,0$ ) constatou-se uma correlação entre a diferença evidenciada entre Pós e Pré testes e o estado de Flow percebido (0,26), como também se percebe uma correlação mais intensa

entre a pontuação alcançada nas atividades e a diferença entre Pós e Pré testes (0,33) e também entre o desempenho nos testes e a diferença entre Pós e Pré testes (0,35). Isto nos permite concluir que aqueles alunos que perceberam mais intensamente o estado de Flow alcançaram uma diferença maior, um crescimento maior entre o resultado do Pós e Pré-Teste. Também, permite constatar que aqueles que realizaram a maior parte das atividades obtiveram esta diferença mais intensamente. Neste grupo, a correlação entre estado de Flow e resultado final no Pós-Teste, foi positiva, porém muito pequena (coeficiente de 0,10); mas a média do estado de Flow percebida pelo conjunto total de alunos pesquisado foi de 3,72 (DP= 0,48), enquanto que para grupo dos alunos que alcançaram um melhor resultado no Pós-Teste (nota  $\geq 8$ ), a média do estado de Flow percebido foi de 3,85 (DP=0,43); ou seja, estes alunos com melhor desempenho também perceberam estar em estado de Flow mais elevado que o universo total de alunos.

Adicionalmente, foram agrupados os dados referentes ao Pré-Teste e ao Pós-Teste para o grupo total de alunos, os alunos do grupo GA11 e os alunos do grupo POS8. A síntese destes dados é apresentada na Figura 66.

Também é possível verificar que, tanto os alunos do GA11, quanto do POS8, apresentaram crescimento na média de acertos do Pré-Teste para o Pós-Teste (13,4% e 10,6%, respectivamente). Ainda, os grupos GA11 e POS8 exibem aumento no número de alunos com mais de 9 pontos no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste (75% e 50%, respectivamente). Então, confirma-se que os alunos com percepção de Flow maior do que a média geral obtiveram melhores desempenhos no Pós-Teste.

Figura 66: Indicadores do Pós-Teste X Pré-Teste – Geral X GA11 X POS8.

Indicador X Turmas	Geral (49)			GA11 (11)			POS8 (26)		
	Pré	Pós	Dif. Pós→Pré	Pré	Pós	Dif. Pós→Pré	Pré	Pós	Dif. Pós→Pré
Mínimo de acertos	4	2	-50,0%	4	4	0,0%	4	8	100,0%
Máximo de acertos	10	10	0,0%	10	10	0,0%	10	10	0,0%
Média de acertos	7,4	7,5	<b>1,7%</b>	7,5	8,5	<b>13,4%</b>	8,3	9,2	<b>10,6%</b>
Maior ou igual a 9,0	15	21	<b>40,0%</b>	4	7	<b>75,0%</b>	14	21	<b>50,0%</b>
Maior ou igual a 7 e menor que 8,9	19	11	-42,1%	3	2	-33,3%	8	5	-37,5%
Maior ou igual a 5 e menor que 6,9	13	14	<b>7,7%</b>	3	1	-66,7%	3	0	-100,0%
Menor do que 5	2	3	-33,3%	1	1	0,0%	1	0	-100,0%

Fonte: Autoria própria.

Por fim, é necessário estacar que os elementos de gamificação foram considerados na construção do LEV. As técnicas de gamificação foram inseridas no LEV para desafiar os alunos, possibilitar uma maior identificação com o ambiente e oferecer semelhanças com seus hábitos de diversão, conforme identificado no Perfil do Aluno. Assim, estas técnicas visaram tornar o ambiente lúdico, mas não ao ponto do mesmo ser considerado um jogo propriamente dito, apesar de alguns alunos terem relatado esta percepção, conforme descrito na seção 6.1.5.

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez que foram realizadas as coletas de dados através do preenchimento dos questionários e por meio do registro digital da utilização do Laboratório Educacional Virtual pelos alunos; este capítulo apresenta a discussão dos respectivos resultados, as conclusões que emergiram destas reflexões, bem como, aponta algumas possibilidades de continuação e aprimoramento desta pesquisa.

Inicialmente, uma descoberta de interesse para esta e futuras pesquisas, é que somente dois alunos acessavam Mundos Virtuais Digitais 3D, tal como OpenSim ou SecondLife. Esta informação chamou atenção, uma vez que toda esta pesquisa foi baseada na plataforma de mundos virtuais digitais 3D e busca apresentá-la como uma alternativa atrativa e adequada para o processo de ensino-aprendizagem. Na opinião do autor, a não utilização dos mundos virtuais pelo público alvo, tem como principais motivos: (I) as plataformas de MVD3D não possuem divulgação tão agressiva quanto de outras plataformas, tais como as plataformas de jogos o Unity 3D (UNITY, 2016) e o UDK (UNREAL, 2018); (II) os produtores de MVD3D não possuem ‘casos de uso’ que geram grande apelo e conseqüentemente grandes volumes de adoções, como os fabricantes de jogos fazem com os *blockbuster* (ou arrasa-quarteirão em português); e (III) os MVD3D não estão disponíveis de forma facilitada para o acesso no celular, enquanto outros softwares já possuem disponibilidade completa para *smartphone* ou uma versão compatível. Mesmo que a grande maioria dos participantes desta pesquisa desconhecesse os mundos virtuais, percebeu-se durante as sessões do experimento que vários alunos ficavam interessados e solicitavam para continuar usando o OpenSim enquanto os colegas não terminavam seus experimentos.

Em relação às turmas participantes do experimento, a turma 1AEM possuía o maior número de alunos (24) e apresentou regularidade na maioria dos indicadores do Pré-Teste e do Pós-Teste; mas, exibiu crescimento no número de alunos com pontuação igual ou maior a 9, o que demonstra que esta turma teve um ganho de conhecimento, mesmo mantendo uma estabilidade nos demais itens avaliados.

Já turma com melhor desempenho individualizado no Pré-Teste e no Pós-Teste, foi a 2AEM. Porém este desempenho não se refletiu nas outras métricas observadas no mundo virtual. Durante a realização do experimento, o pesquisador percebeu que houve um grande interesse em relação à personalização das roupas, rosto, cabelos e formato do corpo do avatar,

e quando verificado, havia a solicitação para que os alunos voltassem para as atividades propostas. Ainda, os alunos desta turma dependiam de transporte para retornar para casa, e após as 16 horas e 30 minutos, os estudantes começaram a ficar preocupados com o horário de saída e com o encerramento das atividades. É possível que as situações relatadas logo acima tenham influenciado o desempenho da turma 2AEM, pois algumas alunas ficaram algum tempo personalizando o avatar e não realizaram as atividades e quando se aproximou o horário de encerramento, elas fizeram as atividades de maneira rápida ou as realizaram parcialmente. Para o pesquisador, a atenção dada para o avatar e a preocupação com o retorno para casa influenciaram negativamente o desempenho da turma.

Por sua vez, o maior crescimento da pontuação entre o Pré e o Pós-Teste foi alcançado pela turma 2SCC (11,4%). Uma vez que a turma 2SCC está no ensino superior e que estes conteúdos foram recebidos pelos estudantes da turma 2SCC durante o Ensino Médio; era esperado que estes conteúdos fossem conhecidos e que a pontuação fosse a maior dentre as turmas.

Como forma de identificar quais os elementos de design tornaram os laboratórios educacionais atrativos para os alunos, o autor partiu da concepção do ambiente virtual e dos objetos presentes no Laboratório Educacional Virtual; os quais foram construídos considerando a metodologia ARCS (*Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction* - atenção, relevância, confiança e satisfação), proposta por Keller (2010). Os elementos de *design* identificados e utilizados são descritos a seguir.

Inicialmente, a *design* do ambiente considerou chamar a atenção dos alunos para os objetos, através de recursos visuais tais como: imagens chamativas referentes aos assuntos tratados; textos explicativos, setas, símbolos, sinalizações, etc. Para a criação dos objetos foram considerados elementos de aparência como: formatos e cores atrativas; movimento (como por exemplo: a interrogação giratória que fornecia ajuda e o centro do tele transporte que simulava um disco giratório); padronização (por exemplo: botões Iniciar, Configurar e Parar, cada um com sua cor e formato em todo o ambiente); mensagens de interação (por exemplo: quando o botão Parar era tocado sem antes ter sido tocado o botão Iniciar, uma mensagem informava que o botão Iniciar deveria ser tocado antes do botão Parar). A adequada construção do ambiente e dos objetos é fundamentada na manifestação dos alunos, relatada no Quadro 7 e citada aqui: “É um ambiente bem atrativo, de fácil compreensão” – aluno24; “As informações são claras e as explicações também” – aluno44; “Ambiente muito bom e fácil de manusear” – aluno49.

Para que os alunos percebessem a relevância do manuseio dos objetos para alcançar os objetivos propostos no ambiente virtual, alguns objetos sensores detectavam a proximidade do avatar e apresentavam mensagens que instigavam o aluno ao uso do objeto, e painéis externos apresentavam as atividades presentes naquela sala. Os comentários dos alunos corroboram o uso desta estratégia: “Foge do cotidiano da aula; vídeos” – aluno68; “Os vídeos, as perguntas e os baner (*banners*) que ficam bem diversificado. O Mundo é bem diversifica(*do*), lugares, o personagem é bem movindado (*movimentado*) e (*de*) fácil mobilidade, (*o*) gráfico não é tão bom, mas é divertido” – aluno62.

Como forma de fornecer confiança aos alunos, foram disponibilizadas mensagens de sucesso (quando o aluno tinha êxito na atividade) ou de apoio (quando a atividade não era realizada como esperado); informações sobre a pontuação recebida por uma atividade realizada, como visto na Figura 47; e mensagens de segurança (os experimentos possuíam uma linha vermelha pontilhada em sua volta e um objeto sensor emitia uma mensagem referente a distância segura para realização das interações). As seguintes observações endossam esta forma de desenvolvimento dos objetos: “Tem um ótimo conceito fácil de se manusear e cheio de informações, excelente!” – aluno39; “No decorrer da atividade estava tudo muito bem explicado” – aluno67.

Também, foi possibilitado aos alunos que aplicassem os conhecimentos adquiridos através do preenchimento dos testes, através da repetição das experiências e da verificação do seu desempenho. As manifestações seguintes demonstram a satisfação dos alunos com a utilização do Laboratório Educacional Virtual: “O ambiente proporciona uma ideia bem realista e permite a aprendizagem de forma dinâmica e divertida” – aluno57; “Ótimo! Jogo com qualidade e aperfeiçoado, cheio de experimentos e informações construtivas” – aluno61; “Gostei, bastante divertido” – aluno37; “Gostei, tudo bem declarado e explícito, muito bacana” – aluno59.

Então, os elementos de *design* criados segundo a metodologia ARCS (*Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction* - atenção, relevância, confiança e satisfação), tornaram os laboratórios educacionais atrativos para os alunos, acima descritos constituem os requisitos recomendáveis, segundo constatado na presente pesquisa, para tornar os laboratórios educacionais virtuais mais engajadores para os alunos.

Para reconhecer de que forma a estruturação das atividades previstas para o laboratório educacional nos mundos virtuais oportunizam o engajamento para o aluno e conseqüentemente, o estado de Flow, foram definidas seqüências de atividades que levaram

os alunos ao engajamento e ao estado de Flow. Por padrão, as atividades estavam distribuídas na seguinte ordem:

1) **Material educacional:** permitia que os alunos conhecessem o conteúdo ou se algum aluno já o conhecesse, pudesse revisá-lo (conforme o conceito de subsunções de Ausubel et al., 1978); ainda, o material estava disponível em diversos formatos multimídia – texto, imagem e vídeo (MAYER et al., 2001; MORENO e MAYER, 2007), sem que houvesse sobrecarga cognitiva (SWELLER; MERRIENBOER e PAAS, 1998; SWELLER, 2005);

2) **Experimentos práticos:** possibilitou aos alunos aplicar os conhecimentos conhecidos anteriormente através da manipulação dos objetos 3D presentes nos experimentos, de forma interativa e com elementos de gamificação; nos experimentos práticos foram considerados: o ciclo de aprendizagem experiencial (KOLB, 1984), as taxonomias de (BLOOM, 1986; MYLLER et al., 2009; e AVILA, 2016) e as estratégias de gamificação (KELLER, 2010; ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011);

3) **Testes de conhecimento:** proporcionaram a verificação do conhecimento retido pelos alunos através do preenchimento dos questionários eletrônicos no ambiente virtual, com o respectivo desempenho sendo apresentado logo após o encerramento do questionário; o que permitiu ao aluno seguir adiante ou retornar ao ponto inicial e refazer os passos para melhorar seu desempenho (KOLB, 1984; BLOOM, 1986).

Esta ordem de disposição das atividades buscou oportunizar o engajamento do aluno e consequentemente oportunizar condições para que ele vivenciasse o Flow. Uma vez que as condições “de entrada” no estado de Flow são as dimensões “Equilíbrio entre desafios e oportunidades”, “Objetivos claros” e “*Feedback* imediato”, os materiais educacionais permitiram que o aluno incrementasse seu conhecimento e adquirisse autoconfiança para enfrentar o desafio que ele percebeu em relação à atividade proposta. Uma vez que, no ponto inicial do mundo virtual, o aluno foi informado do que deveria fazer, entende-se que os objetivos foram compreendidos e que para alcançá-los o aluno foi realizou os experimentos práticos, os quais possuíam instruções de operação e forneceram o *feedback* imediato do resultado da interação.

Assim, é possível verificar que a forma utilizada para a estruturação das atividades no Laboratório Educacional Virtual; oportunizou o engajamento e consequentemente criou as circunstâncias necessárias para que o aluno pudesse sentir-se no estado de Flow, conforme as escalas de Flow percebidas pelos alunos indicam (Figura 31) e a diferença entre Pós-Teste e Pré-Teste apontam (Figura 34).

De modo a distinguir quais são os indícios da presença do estado de Flow nas experiências do Laboratório Educacional Virtual, é importante ressaltar que as premissas para a criação do estado de Flow – equilíbrio entre desafios e habilidades, objetivos claros e *feedback* imediato (CSIKSZENTMIHALYI, 1996), foram contempladas através do *design* dos objetos 3D por meio da metodologia ARCS e da estruturação das atividades (material educacional, experimentos práticos e testes de conhecimento) no ambiente virtual. A validade do *design* dos objetos 3D e da estruturação das atividades no Laboratório Educacional Virtual como oportunistas do estado de Flow pode ser confirmada pela intensidade de Flow percebido e declarado pelos alunos (Figura 31).

Porém, como a percepção de Flow é um estado interno do indivíduo, é a maneira do aluno “sentir-se” naquela situação, e esta pesquisa se baseia nos mundos virtuais digitais 3D; é conveniente refletir que o aluno é **representado** no mundo virtual por um avatar, conceituado por Santaella (2003) como um cibercorpo digital utilizado pelos cibernautas dentro dos mundos do ciberespaço. Este “cibercorpo digital” permite que sejam realizados os registros relativos ao seu estado (parado, caminhando, voando, em pé, sentado, etc...) e suas ações dentro do mundo virtual (movimentação, interação, comunicação, etc.), as quais estão relativas e possuem as limitações características deste contexto digital. Uma vez imerso no mundo virtual, é muito provável que o aluno reaja mentalmente e/ou cineticamente no mundo físico aos estímulos criados no ambiente que o circunda no mundo virtual; e consequentemente apresente alterações psíquicas e/ou biológicas que não são refletidas no mundo virtual de modo convencional.

Na busca por subsídios teóricos para e no desenvolvimento dos objetos 3D para a construção do ambiente virtual, percebeu-se que não é possível averiguar diretamente se o estudante está vivenciando o estado de Flow com os recursos disponíveis no OpenSim, tal como idealizado nesta tese, que, como produto final concreto e aplicável, objetiva a disponibilização de um ambiente virtual que implicasse em recursos computacionais compatíveis com a realidade escolar pública brasileira. Também, percebeu-se a necessidade da investigação das possíveis formas de verificar as alterações de humor, as sensações e o estado de ânimo do aluno no mundo físico, de modo que se pudessem conectar estas alterações com os “sensores” desenvolvidos no mundo virtual, fechando um circuito de retroalimentação de indicadores psicológicos/biológicos/sinestésicos e físicos/virtuais. Para que isto seja possível, identificou-se que são necessários recursos adicionais aqueles normalmente disponíveis nos mundos virtuais, o que torna conveniente a utilização dos sensores psicométricos e/ou biométricos.



Uma alternativa para identificar os indícios do estado de Flow nas experiências envolvendo laboratórios virtuais é, eventualmente, detectá-los através de indicadores comportamentais; tal como sugerido por Worsley et al. (2015), que apresentam um estudo do comportamento dos alunos em práticas de engenharia para prever a aprendizagem, através da análise do movimento, fala e estresse e/ou entusiasmo destes alunos, por meio de dispositivos como um sensor Kinect, uma câmera web e um sensor de ativação eletro dérmica. No mesmo sentido, Worsley e Blikstein (2015), buscam entender as atividades de construção criativa utilizando análises das anotações humanas, da fala, dos gestos e dos dados de ativação eletro dérmica. Anteriormente, Worsley e Blikstein (2013) também já relatavam o uso da análise automatizada dos gestos dos alunos para a identificação de engajamento nas atividades propostas.

A utilização de dispositivos e sensores para monitorar os sinais fisiológicos e comportamentais dos indivíduos é uma estratégia mais complexa que os indicadores possíveis através de software, porém, apresentam uma mensuração mais precisa das métricas observadas. A literatura científica apresenta vários usos desta estratégia, como em Kerous; Skola e Liarokapis (2018), que revisaram a literatura sobre a utilização das *brain-computer interfaces* – BCIs (interfaces cérebro-computador), baseadas em eletroencefalografia (EEG), e usadas em aplicações com videogames; em Labonte-Lemoyne et al. (2016), que investigam as relações entre os estados de Flow e as atividades do cérebro por meio de eletroencefalografia (EEG) e de medidas psicométricas; em van Der Pal et al. (2016) que exploram as opções de uso das métricas realizadas no cérebro de jogadores profissionais de vídeo game, através de EEG e *Brain Computer Interfacing*, para a elaboração de um projeto piloto, o qual mostrou a viabilidade destas técnicas e a possibilidade de seu uso no processo de aprendizagem. Também, Uriarte; Garcia-Zapirain e Garcia-Chimeno (2015) apresentam um sistema multi sensor para a implementação de *biofeedback* como uma técnica de interação humano-computador em um jogo envolvendo automóveis em situações de risco, onde são utilizados sensores de dispositivos como *Eye Tracker*, Kinect, pulsômetro, respirômetro, eletromiografia (EMG) e resistência galvânica da pele (GSR).

Assim, entendeu-se que, tanto no ambiente virtual, quanto nas atividades do Laboratório Educacional Virtual desenvolvido nesta tese, estão presentes os elementos criadores das condições para que o aluno possa entrar no estado de Flow; porém, a verificação da presença do estado de Flow nestas experiências, com os recursos implementados no ambiente virtual, não é garantida. Para a comprovação efetiva da presença do estado de Flow nas experiências em laboratórios virtuais, percebeu-se a necessidade de indicadores adicionais aos disponíveis

no OpenSim em sua distribuição padrão, tais como as medições psicométricas e/ou geradas pelos *biofeedback*, como descrito logo acima.

Mesmo com as limitações descritas nos parágrafos anteriores, foi possível criar, no mundo virtual, indicadores úteis para os objetivos desta pesquisa. Foram desenvolvidas formas de rastrear as ações do aluno nas atividades e experiências em laboratórios educacionais nos mundos virtuais e meios de armazená-las em banco de dados, utilizando as estratégias descritas por Tibola e Tarouco (2015). É importante lembrar que as descrições a seguir se referem ao ambiente computacional do experimento; aos servidores de banco de dados local, PPGIE/CINTED e TchêTurbo; a composição do banco de dados e das tabelas; e a comunicação entre os servidores conforme descritos na seção 5.2.

Assim, o rastreamento das ações do aluno no mundo virtual compreendeu o registro de suas ações em dois momentos distintos: (i) sua movimentação pelo ambiente virtual, e (ii) sua interação com os objetos 3D disponíveis nos laboratórios. O rastreamento das ações do avatar do aluno foi possível por meio da criação dos sensores: objetos 3D que possuem código LSL embutido, os quais permitem identificar a presença do avatar e monitorar quais foram as ações realizadas por ele durante a interação com o objeto ou se não houveram ações devido a falta de interação. Os sensores podem ser de dois tipos: geográficos e de interação (TIBOLA e TAROUCO, 2015).

Uma vez que os sensores geográficos permitem verificar posicionamento do avatar do aluno dentro do mundo virtual, se ele entrou e/ou saiu de um prédio ou sala, se passou por determinado lugar, se parou ou não, por quanto tempo, conforme a necessidade de registro (TIBOLA e TAROUCO, 2015); estes sensores foram utilizados para rastrear a movimentação do aluno pelo ambiente virtual. Assim, 52 sensores, com identificação única, foram distribuídos pelo ambiente virtual objetivando identificar a movimentação do avatar do aluno e enviar um registro para o banco de dados através de uma solicitação HTTP, uma vez que os servidores de banco de dados estavam em locais distintos ao do servidor OpenSim. Então, quando o avatar do aluno entrava no raio de alcance do sensor, ele envia uma solicitação para o banco de dados, inserindo um registro na tabela 'trajeto' contendo as informações descritas na seção 5.3.2.

Adicionalmente, os sensores de interação podem ser objetos 3D com o objetivo específico de monitorar a ação dos avatares, ou podem ser partes do código LSL presentes em outros objetos 3D, os quais possuem a função de identificar quais as interações ocorreram entre o avatar e o objeto (TIBOLA e TAROUCO, 2015). Assim, os sensores de interação foram usados no Laboratório Educacional Virtual para reconhecer quais as ações realizadas

pelo aluno junto aos objetos que formavam um experimento. Diferentemente dos sensores geográficos, os sensores de interação não foram numerados e identificados, pois não se percebeu a necessidade da mesma. Então, se o aluno guiasse seu avatar para acionar o botão “Ligar” de um experimento, o sensor de interação enviava uma solicitação para o banco de dados, inserindo um registro na tabela ‘apresentacao’ (ver seção 5.3.2 para detalhes da tabela).

Como descrito logo acima, os sensores geográficos e de interação e a estrutura de servidores de banco de dados desenvolvidos permitiram rastrear as ações dos alunos, através de seu avatar, e registrá-las no banco de dados para estudo posterior.

Um dos objetivos específicos desta tese foi investigar quais as técnicas podem ser usadas para analisar e correlacionar os dados da movimentação e das interações dos alunos no mundo virtual e no Laboratório Educacional Virtual com vistas a identificar indícios do estado de Flow. É importante considerar que este objetivo específico está fortemente relacionado com objetivo específico 3: “distinguir quais são os indícios da presença do estado de Flow nas experiências do laboratório virtual”; uma vez que, como descrito anteriormente, a percepção de Flow é um estado interno, e suas manifestações variam de intensidade e de entendimento por parte de cada aluno.

Assim, buscou-se utilizar estratégias que pudessem, primeiramente, identificar os dados importantes para as análises desta tese. Para isto, foram estudadas as tabelas ‘trajeto’ e ‘apresentacao’, nas quais foram armazenados os registros da movimentação e da interação do aluno com os objetos 3D do laboratório virtual, respectivamente. A partir da tabela ‘trajeto’ foram gerados relatórios que possibilitaram identificar a passagem ou não aluno por determinado ponto e o tempo transcorrido nesta movimentação. Por sua vez, a consulta aos registros da tabela ‘apresentacao’ permitiu que fossem verificadas as interações do aluno com os objetos 3D presentes no laboratório virtual. O resultado das consultas às tabelas ‘trajeto’ e ‘apresentacao’ é visto nos APÊNDICES J até T.

Porém, mesmo dispondo destas informações, não foi possível identificar variáveis ou condições que, diretamente, evidenciassem se o aluno estava no estado de Flow ou não. Então, percebeu-se a necessidade de correlacionar os dados do registro digital com os dados do questionário de Flow. Assim, foram realizados os agrupamentos dos alunos através de indicadores como: escala de Flow; desempenho nos testes; quantidade de testes realizados; Pós-Teste; Pré-Teste; pontuação nas atividades realizadas; tempo de permanência nas atividades; tempo de permanência detectado pelos sensores; atividades realizadas; e atividades não realizadas. O resultado destes agrupamentos permitiu validar a correlação do

estado de Flow com alguns indicadores, tais como o Pós-Teste e o desempenho nos testes do Laboratório Educacional Virtual.

Ainda, os resultados destes agrupamentos permitiram correlacionar indiretamente as ações dos alunos com as indicações do estado de Flow. Também, identificou-se a falta de outros dados que poderiam oferecer indicadores diretos da presença do estado de Flow, porém, estes indicadores (análise gestual, expressão facial, batimento cardíaco, por exemplo) somente estão disponíveis em um contexto físico. Assim, na ausência de indicadores biométricos como estes, a pesquisa foi realizada com os indicadores diretos disponíveis. Uma possibilidade é que o aluno que estivesse no estado de Flow estaria mais engajado e realizaria as atividades de forma mais análoga ao aluno padrão e obteria melhores resultados nos testes.

Semelhantemente ao objetivo específico 3, percebeu-se que os registros digitais capturados pelos sensores no ambiente virtual e no Laboratório Educacional Virtual são insuficientes para determinar diretamente os indícios do estado de Flow; uma vez que estes registros estão relacionados com o avatar do aluno no mundo virtual e não diretamente com o aluno no mundo físico. Assim, estas medidas são insuficientes para determinar a presença do estado de Flow e há uma lacuna na medição das variáveis físicas do aluno.

Então, se entendeu que a definição das técnicas que podem ser usadas para analisar e correlacionar os dados das ações dos alunos nos laboratórios educacionais nos mundos virtuais, depende da precisa identificação dos indícios do estado de Flow; indícios estes que não são possíveis de identificação direta no mundo virtual 3D, havendo necessidade de medições de variáveis biológicas dos alunos, através da utilização dos dispositivos de *biofeedback* (KEROUS; SKOLA e LIAROKAPIS, 2018; WORSLEY et al. 2015; WORSLEY e BLIKSTEIN, 2015; URIARTE; GARCIA-ZAPIRAIN e GARCIA-CHIMENO; 2015).

Com o fim de observar se o estado de Flow resultou em um melhor desempenho na realização das atividades do laboratório educacional, foram realizadas análises envolvendo os dados do estado de Flow percebido pelos alunos e os dados relativos aos demais instrumentos. Inicialmente, foi considerada a diferença de acertos entre o Pós-Teste e Pré-Teste (Figura 66), a qual identifica um considerável crescimento na média destes acertos dos grupos GA11 e POS8 em relação ao Geral (13,4%, 10,6% e 1,7%, respectivamente). Da mesma forma, se comparadas, as notas iguais ou maiores a 9,0, do Pré-Teste em relação ao Pós-Teste, verifica-se que as notas iguais ou maiores a 9,0 do Pós-Teste aumentaram para os alunos no Geral, mas, foram ainda maiores para o GA11 e para o POS8 (40,0%, 75,0% e 50,0%, respectivamente). Assim, percebe-se que os alunos dos grupos GA11 e POS8, os quais

autodeclararam maiores médias de Flow do que os alunos no Geral, também alcançaram os melhores desempenhos no Pós-Teste (Geral: média de Flow=3,72 e DP=0,48; GA11: média de Flow=3,88 e DP=0,44 e POS8: média de Flow=3,85 e DP=0,43).

Em seguida, foi examinado o aglomerado do estado de Flow e do desempenho nos testes, o qual mostrou as maiores médias entre Flow e desempenho para o *cluster3*, com 3,77 e 7,29 respectivamente (Figura 52). Este resultado é corroborado pelo *cluster3* da agregação de Flow, desempenho nos testes e quantidade de testes realizados, onde os alunos com maiores médias de Flow percebido também apresentaram maiores médias de desempenho e número de testes respondidos: 3,80, 7,36 e 5,53 respectivamente (Figura 53).

Outro cálculo que permite relacionar o estado de Flow com um melhor desempenho é a aglomeração do estado de Flow e da pontuação das atividades, na qual os alunos com maior média de Flow alcançaram as maiores pontuações no *cluster3*, com médias de 3,85 e 3,46 respectivamente (Figura 56). Também, quando o agrupamento do estado de Flow e das atividades realizadas foi considerado, se percebeu que a maior média de Flow corresponde ao maior número de atividades que foram executadas (Figura 62); o que indica que os alunos com escala de Flow mais elevada, realizaram mais atividades no Laboratório Educacional Virtual.

Já o aglomerado do estado de Flow, desempenho nos testes e Pós-Teste (Figura 57), demonstra que os alunos com melhor média de Flow, tiveram melhores médias nos desempenhos nos testes e conseqüentemente nos Pós-Testes (médias de 3,82, 7,39 e 9,06 respectivamente). Da mesma forma, no agregado de estado de Flow, desempenho nos testes, Pós-Teste e pontos para as atividades realizadas (Figura 54), também se verifica que as maiores médias do estado de Flow estão acompanhadas das maiores médias do desempenho nos testes, Pós-Teste e pontos para as atividades realizadas (3,85, 7,05, 9,00 e 2,50 respectivamente). Ambos aglomerados demonstram que os maiores estados de Flow estão relacionados com melhores desempenhos tanto no mundo virtual (desempenho nos testes e pontos para as atividades realizadas) quanto no mundo físico (Pós-Teste).

Ainda, é apropriado lembrar que houve uma grande variedade no número de atividades realizadas pelos alunos, sendo que alguns deles se aplicaram diligentemente na realização das atividades e alcançaram melhores resultados nos testes aplicados no Laboratório Educacional Virtual, obtendo também um melhor desempenho no Pós-Teste; tanto que a correlação entre a pontuação alcançada na realização das atividades e a diferença entre Pós-Teste e Pré-Teste foi de 0,34 e a correlação entre o estado de Flow e o desempenho nos testes do laboratório virtual foi de 0,46. Isto mostra que o empenho dos alunos é necessário para que os mesmos obtenham melhores resultados. Também houve uma correlação de 0,29, entre o estado de Flow

percebido pelos alunos e a diferença entre Pós-Teste e Pré-Teste, então se pode perceber que, para aqueles alunos que se auto avaliaram como estando em estado de Flow com mais intensidade, houve maior crescimento na aprendizagem, o que corrobora os pressupostos de (CSIKSZENTMIHALYI, 2014a; NAKAMURA e CSIKSZENTMIHALYI, 2009; BROM et al., 2017 e RODRÍGUEZ-ARDURA E MESEGUER-ARTOLA, 2017).

Um aspecto interessante percebido na pesquisa é que, nem sempre todos os alunos que se perceberam no estado de Flow, alcançaram bons resultados na avaliação do Pós-Teste; o que levanta uma questão interessante: o estado de Flow por si só é o elemento catalisar? Pelos resultados aqui apresentados, sim. Mas, sempre garante a aprendizagem? Não necessariamente, como esta pesquisa mostrou e como outros autores também encontraram (NYE et al. 2017; LYNCH e GHERGULESCU, 2017; BROM et al., 2017; TANTAN; LANG E BOUGHZALA, 2016 e TSAI et al., 2016).

Talvez, como uma possível alternativa para melhorar a aprendizagem dos alunos, pode-se sugerir a construção de laboratórios educacionais virtuais que, além dos recursos empregados nesta pesquisa; como imagens estáticas, textos, vídeos, páginas Web, também utilizassem outros recursos educacionais digitais, tais como e-books, jogos educacionais, jogos sérios, apps, ferramentas de autoria, infográficos, entre outros.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Os laboratórios físicos têm sido a alternativa tradicional na busca do equilíbrio entre as aulas teóricas e as atividades práticas. Alternativamente, a utilização dos laboratórios virtuais aumenta as possibilidades educacionais envolvidas na relação entre teoria e prática, uma vez que é mais flexível que os laboratórios tradicionais e utiliza recursos conhecidos pelo aluno.

Então, considerando que a aula oral e presencial é importante, que a aprendizagem ativa é essencial para o ensino de ciências, que o laboratório virtual oferece uma opção para experimentar a aprendizagem ativa, embora o laboratório virtual tenha limitações, quando comparado com o laboratório real; mesmos assim, pretendeu-se investigar se o laboratório virtual seria um ambiente motivador e engajador, propício para aprendizagem, capaz de levar o aluno ao estado de Flow; uma vez que neste laboratório virtual podem ser oferecidos recursos que não estão disponíveis ou não são possíveis no mundo físico, tais como: *feedback* automático e on-line da aprendizagem para cada uma das atividades realizadas, informações multimídias prévias, concomitantes, adicionais e posteriores a realização das atividades, apresentação de dados analíticos sobre a realização do experimento, inúmeras possibilidades de variações da experiência e análise das relações causa e efeito decorrentes. Assim, tendo em conta a investigação realizada e os dados apresentados, pode-se perceber que os alunos, em suas respostas no questionário de Flow, sinalizaram que perceberam a si próprios em condições que indicavam características próximas as descritas por Csikszentmihalyi (1990, 1996, 1997, 2014a e 2014b) como sendo o estado de Flow.

É importante notar que a percepção de Flow declarada pelos alunos reflete o intervalo em que eles utilizaram o mundo virtual digital 3D. Neste aspecto, a construção do Laboratório Educacional Virtual contou com elementos de *design* que o tornaram atrativo, através da aplicação da metodologia ARCS, que buscou capturar a atenção do aluno, mostrar a relevância das atividades, criar confiança do aluno no seu desempenho e assim proporcionar satisfação ao estudante.

O *design* atrativo do Laboratório Educacional Virtual, juntamente com a estruturação das atividades previstas (disponibilização de material educacional, possibilidade de realização de experimentos práticos e preenchimento de testes de conhecimento), oportunizou o engajamento dos alunos e conseqüentemente, criou condições para que eles vivenciassem o estado de Flow.

Através do seu *design* atrativo e da estruturação das atividades educacionais, o Laboratório Educacional Virtual disponibilizou para os alunos as condições para o estabelecimento do estado de Flow. Porém, como a percepção de Flow é um estado interno do aluno, e no mundo virtual o avatar é uma representação digital deste aluno; não foi possível detectar diretamente a presença do estado de Flow com os recursos disponíveis no mundo virtual, mas, o incremento de sensores psicométricos e/ou biométricos pode contribuir para a identificação mais apurada da presença do estado de Flow nestas condições.

Ainda assim, para a identificação dos indícios de Flow possíveis dentro do mundo virtual, foram desenvolvidos objetos 3D, chamados sensores, com programação específica para a detecção das ações do avatar. Os sensores geográficos monitoravam a movimentação do avatar, enquanto os sensores de interação registravam a manipulação dos objetos 3D pelo avatar. Os sensores gravaram os dados monitorados pelos sensores em bancos de dados: um local e em dois externos ao computador onde o mundo virtual estava instalado.

A gravação das ações do avatar do aluno em banco de dados permitiu que fossem geradas informações importantes para esta pesquisa, mesmo que estes parâmetros fornecessem uma identificação indireta para a indicação de Flow. Assim as tabelas do banco de dados foram consultadas, buscando observar a movimentação do avatar e sua interação com os objetos 3D e relacioná-las com as dimensões de Flow. Adicionalmente, se formaram *clusters* dos dados de Flow combinados com as variáveis obtidas, tanto no mundo virtual, quanto no físico. Também se notou a carência de indicadores das condições psicológicas e biológicas, e a necessidade de sensores psicométricos e/ou biométricos como descrito anteriormente.

A partir disto, foi verificado se o estado de Flow percebido melhorou o desempenho acadêmico dos alunos. Assim, calculou-se a diferença de acertos entre o Pós-Teste e Pré-Teste e totalizaram-se as notas iguais ou maiores a 9,0 no Pós-Teste. Em ambos os casos, os grupos GA11 e POS8, os quais declararam escalas de Flow mais elevadas, apresentaram maiores médias e maior crescimento de desempenho no Pós-Teste em relação ao total de alunos. Ainda, foram calculados e examinados vários aglomerados com os indicadores de conhecimento, onde foi possível verificar que as maiores escalas de Flow estavam relacionadas com os melhores desempenhos, tanto nos testes realizados no mundo virtual, quanto naqueles preenchidos no mundo físico.

Assim, foram identificados os elementos de *design* e os conceitos teóricos necessários para a concepção de laboratórios educacionais em mundos virtuais, os quais foram aplicados na construção do Laboratório Educacional Virtual; o qual possui recursos capazes de engajar



o aluno e criar condições para que ele alcance o estado de Flow. Ainda, o Laboratório Educacional Virtual dispõe de uma estrutura apropriada para armazenar a movimentação e a interação do aluno com o ambiente virtual, permitindo análises posteriores na busca, mesmo que indireta, da presença de Flow e se esta condição representou ganho na aprendizagem para os alunos.

Além disso, em decorrência da realização desta pesquisa, foi possível perceber a importância de criar um ambiente atrativo e engajador, com todas as atividades organizadas e estruturadas, possuindo informações claras sobre sua realização e com *feedback* imediato do resultado de sua execução, de modo que motive o aluno para o cumprimento de todas as etapas teórico-práticas propostas no ambiente, de tal forma que o estudante sinta-se profundamente concentrado, envolvido e satisfeito, a ponto de se perceber no estado de Flow, por que esta condição promove uma melhor aprendizagem, e portanto melhores resultados.

Então, como grande contribuição para a ciência, para os estudos de Flow e para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, apresentou-se um estudo experimental que permitiu elicitar fatores que impactam ou não no estado de Flow, e se um estado de Flow mais elevado realmente resulta em uma melhor aprendizagem ou não; mostrando, apesar das correlações positiva um tanto baixas, que o comportamento dos alunos é bastante diversificado e variado e que há, como em todos os ambientes, exceções, e apesar do mundo virtual ser o mesmo, alguns estudantes se declararam em elevado estado de Flow, sem ter realizado as atividades, que do ponto de vista de aprendizagem eram importantes.

Outra contribuição desta pesquisa é proporcionar fundamentos e estudos empíricos para promover e auxiliar o desenvolvimento de modelos teóricos abrangentes, capazes de explicar e descrever o comportamento dos usuários de um ambiente virtual imersivo; como o Laboratório Educacional Virtual, em relação à possibilidade e a oportunidade para que eles atinjam o estado de Flow, e mais ainda, correlacionando este atingimento do estado de Flow com uma melhoria no desempenho acadêmico.

Ainda, como contribuições desta tese, podem ser citadas: (I) a concepção dos sensores geográficos e de interação, utilizados para o monitoramento da movimentação do avatar pelo ambiente virtual e das interações do avatar com os objetos 3D; (II) a criação de uma estrutura com múltiplos locais para o armazenamento dos dados provenientes dos sensores, a qual, mesmo sendo simples, permitiu a segurança necessária durante a execução das sessões do experimento em laboratório; (III) definição de uma estrutura de distribuição portátil para os laboratórios educacionais em mundos virtuais, através da versão Sim-on-a-Stick do OpenSim, juntamente com a XAMPP (Apache, MySQL, PHP e Perl); (IV) incorporação de elementos

de gamificação no Laboratório Educacional Virtual, através da aplicação de mecânicas de gamificação, tais como: desafios e missões, pontos e placar; (V) contribuição para o projeto AVATAR por meio da disponibilização dos sensores, da estrutura de múltiplos servidores de banco de dados, e da estrutura da distribuição portátil dos laboratórios educacionais virtuais.

Como descrito anteriormente, no mundo virtual os alunos podem vivenciar a imersão, o realismo e a interação, e as três são importantes para esta tese. Agora, partindo da interação<sup>11</sup>, deseja-se fazer uma pequena reflexão em um aspecto mais amplo: a importância da interatividade nos laboratórios virtuais. Assim, não é apropriado banalizar a interatividade a simples ação de selecionar opções em menus, objetos clicáveis ou sequências lineares, uma vez que na construção de um laboratório virtual deve considerar o que o aluno busca e o que ele espera encontrar; e o que se pretende que o aluno alcance ao usar o laboratório virtual. A interatividade disponível no laboratório virtual deveria ser mais do que “*next, next, next*”, deveria ser um diálogo autêntico entre as “curiosidades” do aluno e a “informações” fornecidas pelo ambiente virtual, conforme relatam diversos autores (SIMS, 1997; SPIELMANN e MANTONAKIS, 2018; WONG et al., 2018).

Além das análises e dos resultados apresentados anteriormente, perceberam-se aspectos que não estão diretamente ligados aos objetivos desta pesquisa, mas sua descrição contribui para as reflexões em torno desta pesquisa. Na condução dos experimentos, observou-se que antes, e talvez durante, a utilização do laboratório virtual, o estudante precisaria ser orientado sobre quais são os comportamentos que levam o aluno a alcançar um bom desempenho, a tornar a experiência gratificante e alcançar uma boa aprendizagem.

Assim, poder-se-ia dizer claramente o que é esperado dos alunos. Por exemplo: recomendar-se-ia que uma experiência bem sucedida de aprendizagem no mundo virtual compreende: ler os conteúdos, ver os vídeos, realizar os experimentos, verificar o desempenho, e se o desempenho não foi suficiente, reler os conteúdos, assistir os vídeos novamente para revisar seu conhecimento e repetir os experimentos. Isto daria aos estudantes a consciência dos processos auto regulatórios, os quais seriam apropriados para ele usar no contexto virtual, não apenas para atingir um estado de Flow, que é gratificante, mas também para alcançar uma boa experiência de aprendizagem, que é o objetivo final de uma ferramenta educacional como o laboratório virtual.

Também, decorrente das reflexões sobre a identificação do estado de Flow nos mundos virtuais, constatou-se que, na sua distribuição padrão, o OpenSim não possui recursos para

---

<sup>11</sup> Neste texto, considera-se interação como uma ação recíproca entre dois agentes PRIBERAM (2018), Yilmaz et al. (2015).

medir de forma direta a existência ou não de Flow nos alunos através de seus avatares, então surge a necessidade de dispositivos adicionais como sensores de movimento, respiração, batimento cardíaco, resistência galvânica da pele, ou até mais complexos, como a eletroencefalografia e as interfaces cérebro-computador.

### **8.1 Limitações da Pesquisa**

Ao finalizar esta pesquisa é preciso tecer algumas considerações no que se refere às limitações de suas descobertas e a capacidade de tornar seus resultados genéricos o bastante para serem utilizados em cenários mais abrangentes.

Uma limitação presente nesta pesquisa é a impossibilidade de identificação da existência do estado de Flow no ambiente virtual de forma direta. Esta limitação é justificativa pela concepção do projeto desta pesquisa e pelos resultados concretos e aplicáveis que ela vai gerar. Na construção desta pesquisa foram observadas as limitações tecnológicas existentes nas escolas públicas. Então, buscou-se criar uma alternativa para que o diretor, o coordenador pedagógico e o professor de ciências tivessem acesso a um recurso educacional fácil de instalar, sem a necessidade de conhecimentos muito específicos de informática e com a capacidade de melhorar suas aulas, engajar o aluno; e possivelmente, melhorar o desempenho dos estudantes, de modo que foram utilizados os recursos computacionais compatíveis com estas limitações, descritas na seção 2.2. Assim, o produto resultante desta tese será um laboratório disponibilizado no Projeto AVATAR (UFRGS, 2017).

Outra limitação desta pesquisa é a falta de comunicação entre os alunos no ambiente virtual através de seus avatares. Esta limitação também está relacionada ao projeto de pesquisa, uma vez que a opção de distribuição do OpenSim foi a versão portátil. Desta forma, cada computador possui uma cópia do Laboratório Educacional Virtual, o que torna possível sua utilização em escolas públicas sem Internet ou com baixa velocidade; porém, retira a capacidade de comunicação on-line e impossibilita as atividades de cooperação e colaboração.

Também, pode-se citar como uma limitação, a pouca visibilidade dos elementos de gamificação disponibilizados no ambiente virtual e no Laboratório Educacional Virtual. A mecânica de gamificação aplicada no ambiente virtual previa o lançamento de desafios para aluno e a possibilidade que ele acompanhasse sua pontuação através de um placar, porém a apresentação da pontuação para as atividades realizadas foi “tímida” e não havia “comemoração” quando se completava um desafio. Esta “pouca visibilidade” pode ser explicada pelo formato aberto dos mundos virtuais, os quais permitem que seus usuários

movimentem-se livremente pelo cenário e interajam com quem e como eles quiserem. Assim, observando a liberdade de escolha do estudante e, em termos de pesquisa, não querendo condicionar suas decisões, decidiu-se não “obrigar” o aluno a realizar determinada atividade ou visitar um lugar específico como forma de habilitar outra atividade ou possibilitar o acesso a outro local.

Uma circunstância que não está diretamente ligada com a pesquisa em si, mas com o desenvolvimento do Laboratório Educacional Virtual é a pequena utilização do NPC (*non-player characters*), mais conhecido no âmbito educacional como agente conversacional, e neste caso como a agente ATENA. Mesmo sem fazer parte dos objetivos desta pesquisa, a estrutura de um agente conversacional foi inserida no ambiente virtual, porém, na busca de atender os objetivos específicos da pesquisa este recurso não teve continuidade, apresentando assim as características conversacionais básicas, com uma base de conhecimento limitada.

## 8.2 Trabalhos Futuros

Considerando os achados desta pesquisa, bem como as limitações apontadas, é possível visualizar a continuidade desta investigação como forma de ampliar o escopo dos estudos sobre mundos virtuais, laboratórios educacionais virtuais, Flow, gamificação e aprendizagem, através das sugestões de estudos e trabalhos futuros relatados em seguida.

A partir deste trabalho, é possível realizar um estudo para validar/ampliar os resultados da utilização dos experimentos do Laboratório Educacional Virtual como recurso educacional, em públicos diferenciados daquele que participou desta pesquisa.

Também, podem-se ampliar os experimentos presentes no Laboratório Educacional Virtual, tanto no domínio da Física, quanto em outro domínio de interesse, e utilizá-lo como ferramenta para investigações relativas às possibilidades de uso dos laboratórios virtuais, bem como os reflexos de sua utilização na aprendizagem. Os possíveis públicos alvo poderiam ser os alunos de graduação e os professores do ensino médio, por exemplo.

Uma nova exploração dos laboratórios educacionais virtuais e dos mundos virtuais pode ser realizada através da aplicação abrangente e profunda dos conceitos de gamificação, de modo que pudessem ser averiguados aspectos como a motivação, o engajamento, a comunicação, a competição, a colaboração e a cooperação, e aprendizagem neste contexto.

Ainda, em estudos futuros é possível aprofundar a questão da identificação do estado de Flow, quem sabe, a partir de medidas dos estados neurofisiológicos do aluno enquanto ele participa das atividades propostas; tal como o projeto CHARIOT da *University of Southern California* (CHARIOT, 2018) onde estão sendo revistos os usos de sensores fisiológicos e de

outros dispositivos (EMPATICA, 2018), dentro da estratégia da Internet das Coisas, para a compreensão do comportamento humano em ambientes da vida real.

Esta questão parece ser uma nova fronteira de pesquisa no domínio abordado nesta tese, pois indica possibilidades para o desenvolvimento de estratégias que possam melhorar não só os estudos envolvendo o estado de Flow; mas também investigações na busca de constatação de motivação, engajamento e emoções, tanto nos laboratórios educacionais virtuais, quanto em outros ambientes computacionais, de modo que possam dar suporte na melhoria do processo de ensino e aprendizagem intermediada pela tecnologia digital.

Por fim, entende-se que esta pesquisa conseguiu atingir os objetivos propostos, e os resultados apresentados contribuem para o corpo das pesquisas científicas que envolvem os laboratórios educacionais virtuais, os mundos virtuais, a gamificação em ambientes virtuais, e o estado de Flow. Ainda, espera-se ter fornecido recursos metodológicos e tecnológicos para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem mediado pelas tecnologias da informação e comunicação digitais.

## REFERÊNCIAS

- ALBA, George Dos Reis; TOIGO, Taisson e MACKE, Janaína. Estado de Flow em uma Equipe de Basquetebol Profissional. In: **VII Seget - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2009, Resende - RJ. VI Seget - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende - RJ, 2009. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/artigos2009.php?pag=72>>, Acesso em 10 Mai. 2018.
- ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. Educação, ambientes virtuais e interatividade. In: SILVA, Marco (Org). **Educação online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa**. São Paulo: Edições Loyola, 2003. p. 201-215.
- ALVES, Lynn Rosalina Gama; MINHO, Marcelle Rose da Silva e DINIZ, Marcelo Vera Cruz. Gamificação: diálogos com a educação. In: **Gamificação na educação**. Luciane Maria Fadel, Vania Ribas Ulbricht, Claudia Regina Batista, Tarcísio Vanzin (Org.). São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 300p. Disponível em: <http://www.pimentacultural.com/#!/gamificacao-na-educacao/c241i>. Acesso em 14 Mai. 2014.
- AUBLE, P.; FRANKS, J. e SORACI, S. Effort toward comprehension: Elaboration or aha!?. In: **Memory & Cognition**, Vol. 7, 1979, pp. 426–434. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.3758/BF03198259>. Acesso em: 28 Set. 2016.
- AUDACITY. **Audacity®**. Disponível em: <http://www.audacityteam.org/>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- AUER, M.; PESTER, A.; URSUTIU, D. e SAMOILA, C. Distributed Virtual and Remote Labs in Engineering. In: **IEEE International Conference On Industrial Technology (ICIT)**. Maribor. Slovenia. 2003. Núm. 2, pp. 1208 – 1213. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1290837/>. Acesso em: 13 Set. 2014.
- AUSUBEL D. P. ; NOVAK J. D.; HANESIAN H., **Educational Psychology: A Cognitive View**. In New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- AVILA, Bárbara Gorziza. **Formação docente para a autoria nos mundos virtuais : uma aproximação do professor às novas demandas tecnológicas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Tese. 2016. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/148323>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BAKKER, A. B. Flow among music teachers and their students: The crossover of peak experiences. In: **Journal of Vocational Behavior**, Num. 66, 2005, pp. 26–44.

BANDURA, A. Social cognitive theory: an agentic perspective. In: **Annual Review of Psychology**, Vol 52(1), p. 1-26. 2001.

BANDURA, A. **Social foundations of thought and action: A social cognitive theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1986.

BARTLE, Richard. **Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit Muds**. 1996. Disponível em: <http://mud.co.uk/richard/hcds.htm>, Acesso em: 24 Mai. 2015.

BATISTELA, Fernanda; TEIXEIRA, Adriano Canabarro e PEREIRA, Ana Maria de Oliveira. Programação de computadores e a atenção como processo auxiliar em alunos da escola de hackers. In N. Pedro, A. Pedro, J. F. Matos, J. Piedade, & M. Fonte (Orgs.), **Tecnologias digitais e a Escola do Futuro: Atas do IV Congresso Internacional TIC e Educação 2016**. pag. 1219-1233. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Disponível em <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/46169/1/TicEduca-VS-MJG-2016.pdf>>. Acesso em 05 Fev. 2017.

BERMUDES , Wanderson L.; SANTANA, Bruna T.; BRAGA, José H. O. e SOUZA, Paulo H. **Tipos de escalas utilizadas em pesquisas e suas aplicações**. Revista VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v.18, n.2, p. 7-20, maio/ago. 2016. DOI: 10.19180/1809-2667.v18n216-01.

BIELLO, David. Fact or Fiction?: Archimedes Coined the Term "Eureka!" in the Bath. In: **Scientific American**. 2006. Disponível em: <http://www.scientificamerican.com/article/fact-or-fiction-archimede/#>. Acesso em: 26 Set. 2016.

BIGDELI, Z.; HAIDARI, G.; HAJIYAKHCHALI, A. e BASIRIANJAHROMI, R. Gamification in library websites based on motivational theories. **Webology**, Vol. 13, Num. 1, Jun., 2016. Disponível em: < <http://www.webology.org/2016/v13n1/a146.pdf> >. Acesso em: 29 Set. 2017>.

BLOOM, Benjamin S. What we are learning about teaching and learning: a summary of recent research. **Principal**, v. 66, n. 2, p. 6-10, 1986.

BRANDÃO, Rafael Vasques. **A estratégia da modelagem didático-científica reflexiva para a conceitualização real no ensino de física**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Tese. 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/70335>. Aceso em: 15 Set. S016.

BRASIL. **Lei Nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 17 mai. 2016.

BROM, Cyril; DĚCHTĚRENKOVA, Filip; FROLLOVÁA, Nikola; STÁRKOVÁA, Tereza; BROMOVÁA, Edita e D'MELLO, Sidney. Enjoyment or involvement? Affective-

motivational mediation during learning from a complex computerized simulation. **Computers & Education**, Vol. 114, Pag. 236-254, 2017.

BROOKFIELD, Stephen D. **Adult Learning, Adult Education and the Community**, Open University Press, 1984.

BURKE, Brian. 2014. **Gartner Redefines Gamification**. Disponível em:

[http://blogs.gartner.com/brian\\_burke/2014/04/04/gartner-redefines-gamification/](http://blogs.gartner.com/brian_burke/2014/04/04/gartner-redefines-gamification/). Acesso em 15 Mai. 2015.

BUSARELLO, Raul Inácio; ULBRICHT, Vania Ribas e FADEL, Luciane Maria. A gamificação e a sistemática de jogo: conceitos sobre a gamificação como recurso motivacional. In: **Gamificação na educação**. Luciane Maria Fadel, Vania Ribas Ulbricht, Claudia Regina Batista, Tarcísio Vanzin (Org.). São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 300p. Disponível em: <http://www.pimentacultural.com/#!/gamificacao-na-educacao/c241i>, Acesso em 14 Mai. 2014.

BYRNE, C., MACDONALD, R., & CARLTON, L. Assessing creativity in musical compositions: Flow as an assessment tool. In: **British Journal of Music Education**, Num. 20, Iss. 3, pp. 277–290, 2003.

CARVALHO, Eduardo Silvestre de. **Análise do estado de fluxo e da motivação em praticantes de *highline***. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000972268&opt=1>>, Acesso em 10 Mai. 2018.

CARVALHO, Paulo R. de. **Boas Práticas Químicas em Biossegurança**. Rio de Janeiro: Interciência, 1999. 132p.

CASTELLÓN, Lucía e JARAMILLO, Óscar. Educación y videojuegos: Hacia un aprendizaje inmersivo. In: **Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la gamification**. Scolarì, Carlos A. (ed.), Col·lecció Transmedia XXI, Laboratori de Mitjans Interactius, Barcelona: Universitat de Barcelona, 2013, pp. 264-281.

CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação nas escolas brasileiras - TIC educação 2015**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2016b. Disponível em: <http://cetic.br/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nas-escolas-brasileiras/>. Acesso em: 16 mai. 2017.

CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2015**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no



- Brasil, 2016a. Disponível em: <http://cetic.br/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nas-escolas-brasileiras/>. Acesso em: 16 mai. 2017.
- CHALLCO, Geiser Chalco; ANDRADE, Fernando R. H.; BORGES, Simone S.; BITTENCOURT, Ig Ibert e ISOTANI, Seiji. Toward A Unified Modeling of Learner's Growth Process and Flow Theory. In: **Educational Technology & Society**. Vol. 19, Iss. 2, p.215-227, 2016. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.215>, Acesso em: 11 Ago. 2016.
- CHAPMAN, Alan. **Kolb learning styles**. businessballs.com. 2006. Disponível em: <http://www.businessballs.com/kolblearningstyles.htm>. Acesso em: 11 Mai. 2014.
- CHARIOT. CHARIOT – Center For Human Applied Reasoning and IOT. Disponível em: <<http://chariot.usc.edu/>>. Acesso em 18 Mai. 2018.
- CHEN, H., WIGUND, R. T., & NILAN, M. S. Optimal experience of web activities. In: **Computers in Human Behavior**, Num. 15, 1999, pp. 585–608.
- CHEN, Jenova. Flow in Games (and Everything Else), In: **Communications of the ACM**, Viewpoint Section, 2007, Vol. 50, No. 4, p. 31-34, Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1232769>, Acesso em: 05 Fev. 2016.
- CHEN, Li-Xian e SUN, Chuen-Tsai. Self-regulation influence on game play flow state. In: **Computers in Human Behavior**. Vol. 54, p. 341-350. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.020>
- CHEYNEY. **Cheyney University of Pennsylvania**. 2015. Disponível em: <http://www.cheyney.edu/>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- CHIANG, Yu-Tzu; LIN, Sunny S. J.; CHENG, Chao-Yang e LIU, Eric Zhi-Feng. Exploring online game players' flow experiences and positive affect In: **The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)**, 2011, Vol.10, Iss. 1, Disponível em: <http://www.cl.ncu.edu.tw/papers/LiuEZF/EXPLORING%20ONLINE%20GAME%20PLAYERS%20FLOW%20EXPERIENCES%20AND%20POSITIVE.pdf>. Acesso em: 18 Ago. 2016.
- CHOI, Duke Hyun; KIM, Jeoungkun e KIM, Soung Hie. ERP training with a web-based electronic learning system: The flow theory perspective. In: **International Journal of Human-Computer Studies**. Vol. 65, Iss. 3, 2007, pp. 223-243. Disponível em: DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2006.10.002>. Acesso em: 17 Mai. 2016.
- CIPOLI, Pedro. **Conheça as tecnologias que fazem os games modernos beirarem o realismo**. 2012. Canaltech, Seção Análises, Disponível em:

<http://canaltech.com.br/analise/placa-de-video/Conheca-as-tecnologias-que-fazem-os-games-modernos-beirarem-o-realismo/>, Acesso: 12 Set. 2016.

CLAROLINE. **Consortium ClaroLine**. Disponível em: <http://www.claroline.net/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

COLLANTES, Xavier Ruiz. Juegos y videojuegos. Formas de vivencias narrativas. In: SCOLARI, Carlos A. **Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la gamification**. Col·leccio Transmedia XXI. Laboratori de Mitjans Interactius. Universitat de Barcelona. Barcelona. 2013.

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: Aplicações em Administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2011.

CRAFT-WORLD. **Craft-World - Home**. 2015. Disponível em: <http://www.craft-world.org>. Acesso em 13 jun. 2016.

CRAIG, S., GRAESSER, A., SULLINS, J., & GHOLSON, B. Affect and learning: an exploratory look into the role of affect in learning with AutoTutor. In: **Journal of Educational Media**, Num. 29, pp. 241-250, 2004.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**, 3a ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, Joelma Bomfim da. **Laboratórios**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Departamento de Articulação e Desenvolvimento dos Sistemas de Ensino, Universidade de Brasília – UnB, Brasília: 2007. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/13\\_laboratorios.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/13_laboratorios.pdf). Acesso em: 17 mai. 2016.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *Beyond boredom and anxiety*. 25th ed. San Francisco: Jossey-Bass. 2000.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **Finding flow**. New York: Basic. 1997.

CSIKSZENTMIHALYI, M., e LEFEVRE, J. Optimal experience in work and leisure. In: **Journal of Personality and Social Psychology**, Num. 56, Iss. 5, pp. 815–822, 1989.

CSIKSZENTMIHALYI, M.; ABUHAMDEH, S. e NAKAMURA, J. Flow. In: **Flow and the Foundations of Positive Psychology**. Cap. 15. Springer: Dordrecht. 2014.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly e CSIKSZENTMIHALYI, Isabella Selega. **Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness**. New York: Cambridge University Press. 1988.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Flow and Education. In: **Applications of Flow in Human Development and Education**. Cap. 6. Springer: Dordrecht. 2014b.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Flow: The Psychology of Optimal Experience**.

HarperCollins Publishers, 1990.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Fluir (Flow). Una psicología de la felicidad**. Editorial Kairós: Barcelona. 1996.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Learning, “Flow,” and Happiness. In: **Applications of Flow in Human Development and Education**. Cap. 7. Springer: Dordrecht. 2014a.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Play and intrinsic rewards. **Journal of Humanistic Psychology**, 15(3), 41–63. 1975. doi:10.1177/002216787501500306.

DA HORA, Henrique Rego Monteiro; MONTEIRO, Gina Torres Rego e ARICAM, José. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. **Revista Produto & Produção**. Vol. 11, N. 2. 2010. Disponível em:

<<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/9321>>, Acesso em 14 Mai. 2017.

DE CASTRO, Fábio. Escassez de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras limita interesse dos alunos pela física. **Revista Educação**, São Paulo, Edição 239, 8 mai. 2017, Seção Olhar pedagógico. Disponível em: <<http://www.revistaeducacao.com.br/escassez-de-laboratorios-de-ciencias-nas-escolas-brasileiras-limita-interesse-dos-alunos-pela-fisica/>>. Acesso em: <29 set. 2017>.

DIANA, Juliana Bordinhão; GOLFETTO, Ildo Francisco; BALDESSAR, Maria José e SPANHOL, Fernando José. Gamification e Teoria do Flow. In: **Gamificação na educação**. Luciane Maria Fadel, Vania Ribas Ulbricht, Claudia Regina Batista, Tarcísio Vanzin (Org.). São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 300p. Disponível em:

<http://www.pimentacultural.com/#!/gamificacao-na-educacao/c241i>. Acesso em 14 Mai. 2014.

DINIZ, Célia Regina e SILVA, Iolanda Barbosa da. **Metodologia científica**, Campina Grande; Natal: Editora da Universidade Estadual da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em:

[http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/metodologia\\_cientifica/](http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/metodologia_cientifica/), Acesso em: 17 Jan 2015.

DOKEOS. **DOKEOS - E-Learning suite and LMS for growing companies**. Disponível em: <http://www.dokeos.com/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

DOMINGUEZ, Adrian; SAENZ-DE-NAVARRETE, Joseba; DE-MARCOS, Luis; FERNANDEZ-SANZ, Luis; PAGES, Carmen e MARTINEZ-HERRAIZ, Jose-Javier. Gamifying Learning Experiences: Practical Implications and Outcomes. **Computers & Education**, Vol. 63, Pág. 380-392, 2013.

- DVDVIDEOSOFT. **Free Video Editor | Download Video Editing Software for Windows**. Disponível em: <http://www.dvdvideosoft.com/products/dvd/Free-Video-Dub.htm>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- ELLIS, G. D., VOEKL, J. E., & MORRIS, C. Measurement and analysis issues with explanation of variance in daily experience using the flow model. In: **Journal of Leisure Research**, Num. 26, Iss. 4, pp. 337–356, 1994.
- EMPATICA. **Real-time physiological signals | E4 EDA/GSR sensor**. 2018. Disponível em: <<https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>>. Consultado em: 18 Mai. 2018.
- ENGESER, S., & RHEINBERG, F. Flow, performance and moderators of challenge–skill balance. In: **Motivation and Emotion**, Num. 32, pp. 158–172, 2008.
- ESTATSITE. **Clusterização na Prática - EstatSite.com**. 2017. Disponível em: <<https://estatsite.com/2017/05/23/clusterizacao-na-pratica/#more-5182>>, Acesso em: 15 Jan. 2018
- FARDO, Marcelo L. **A gamificação como estratégia pedagógica: Estudo de elementos dos games aplicados em Processos de ensino e aprendizagem**. 2013. 106 f. Mestrado em Educação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/457>. Acesso em: 16 mai. 2016.
- FEISEL, L. D. e ROSA, A. J. The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education, In: **Journal of Engineering Education**, Vol. 94, Núm. 1, Pág. 121–130. 2005. Disponível em: [http://web.stanford.edu/group/asee/wikiupload/6/69/Feisel\\_LabsInEngEd.pdf](http://web.stanford.edu/group/asee/wikiupload/6/69/Feisel_LabsInEngEd.pdf). Acesso: 03 mar. 2014.
- FREESHOOTERS. **Free modern online FPS games ~ Free FPS games**. 2012. Disponível em: <http://freeshooters.blogspot.com.br/2009/04/free-modernhistoric-first-person.html>. Acesso em: 20 Set. 2016.
- FRITZ, B. S., & AVSEC, A. The experience of flow and subjective well-being of music students. In: **Horizons of Psychology**, Num. 16, Iss. 2, pp. 5–17, 2007.
- GALLAGHER, S. A. The role of problem-based learning in developing creative expertise. In: **Asia Pacific Education Review**, 2015, Vol. 16, Iss. 2, pp. 225–235, Disponível em: DOI 10.1007/s12564-015-9367-8. Acesso em: 11 Ago. 2016.
- GALLEGO-DURÁN, F.J.; MOLINA-CARMONA, R. e LLORENS-LARGO F. Measuring the difficulty of activities for adaptive learning. **Universal Access in the Information Society**, Pag. 1–14. 2017. DOI: 10.1007/s10209-017-0552-x.
- GAMIFICATION.ORG. **Welcome to the Gamification.org! | Gamification Wiki**. 2010. Disponível em: <https://badgeville.com/wiki/>. Acesso em 25 Abr. 2015.

GEORGE, D. e MALLERY, P. **SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference**. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon. 2003.

GEORGE-PALILONIS, Jennifer A. Active Reading on Tablet Textbooks: Comparative Assessment of Two Systems. In: **International Journal of the Book**. Vol. 15 Núm. 2, pág. 13-28, 2017.

GIANNAKOS, M. N. Enjoy and learn with educational games: examining factors affecting learning performance. In: **Computers & Education**, Num. 68, pp. 429-439. 2013

GIMP. GIMP - GNU Image Manipulation Program. Disponível em:

<<https://www.gimp.org/>>. Acesso em 26 Mai. 2017.

GLIEM, J.A. e GLIEM, R.R. Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales. In: **2003 Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education**. Pag. 82-88. 2003.

GOOGLE. **Blogger - Painel do Blogger**. Disponível em: <https://www.blogger.com>. Acesso em: 09 mai. 2016c.

GOOGLE. **Google Cardboard - Google**. 2014. Disponível em:

<https://vr.google.com/cardboard/>, Acesso em 12 Set. 2016.

GOOGLE. **Google Sites**. Disponível em: <https://sites.google.com>. Acesso em: 09 mai. 2016b.

GOOGLE. **Use o Editor de vídeos do YouTube - Ajuda do YouTube**. Disponível em: <https://support.google.com/youtube/answer/183851?hl=pt-BR>. Acesso em: 09 mai. 2016a.

GRINGS, Edi Terezinha de Oliveira; CABALLERO, Concesa e MOREIRA, Marco Antonio. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006, Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060102.pdf>, Acesso em: 15 Set. 2016.

GRUPOA. **Inicial <<< Blackborad Brasil**. Disponível em: <http://blackboard.grupoa.com.br/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

HAIR, Jr. J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de** HAMARI, Juho; SHERNOFF, David J.; ROWE, Elizabeth ; COLLER, Brianno; ASBELL-CLARKE, Jodi e EDWARDS, Teon. Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. In: **Computers in Human Behavior**, Vol 54, Pag. 170-179. 2016. ISSN 0747-5632. DOI: /10.1016/j.chb.2015.07.045. HAMARI, Juho; SHERNOFF, David J.; ROWE, Elizabeth; COLLER, Brianno; ASBELL-CLARKE, Jodi e EDWARDS, Teon. Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning, In: **Computers in**

**Human Behavior**, Vol.54, 2016, pp. 170-179, ISSN 0747-5632, Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>. Acesso em 17 Abr. 2016.

HARP, S. F. e MAYER, R. E. How seductive details do their damage: a theory of cognitive interest in science learning. **Journal of Educational Psychology**, V. 90, N. 3, pag. 414–434. 1998.

HARP, S. F. e MAYER, R. E. The role of interest in learning from scientific text and illustrations: on the distinction between emotional interest and cognitive interest. **Journal of Educational Psychology**, V. 89, N. 1, pag. 92–102. 1997.

HARVARD. **ecoMUVE Overview**. Disponível em:

<https://ecolearn.gse.harvard.edu/ecoMUVE/overview.php>. Acesso em: 06 Jun. 2016.

HATFIELD, E.; CACIOPPO, J. T. e RAPSON, R. L. **Emotional contagion**. New York: Cambridge University Press. 1994.

HAWORTH, J., JARMAN, M., & LEE, S. Positive psychological states in the daily life of a sample of working women. In: **Journal of Applied Social Psychology**, Num. 27, Iss. 4, pp. 345–370, 1997.

HEFFERON, K. M., & OLLIS, S. Just Clicks: An interpretive phenomenological analysis of professional dancers' experience of flow. In: **Research in Dance Education**, Num. 7, Iss. 2, pp. 141–159, 2006.

HERBERT, B.; CHARLES, D.; MOORE, A. e CHARLES, T. An Investigation of Gamification Typologies for Enhancing Learner Motivation, In: **International Conference on Interactive Technologies and Games (iTAG)**, Nottingham, 2014, pp. 71-78. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6990193/>, Acesso em: 16 Set. 2016.

HERPICH F., FILHO T.A.R., TIBOLA L.R., FERREIRA V.A., TAROUCO L.M.R. (2017). Learning Principles of Electricity Through Experiencing in Virtual Worlds. In: Beck D. et al. (eds) **Immersive Learning Research Network. iLRN 2017**. Communications in Computer and Information Science, vol 725. Springer, Cham.

HOT POTATOES. Hot Potatoes Home Page. Disponível em: < <https://hotpot.uvic.ca/> >. Acesso em: 21 Abri. 2017.

HOULE, C. **Continuing Learning in the Professions**, San Francisco: Jossey-Bass, 1980.

HPE. **Hewlett Packard Enterprise**. Disponível em: <https://www.hpe.com/us/en/home.html>. Acesso em: 13 jun. 2016.

HSIAO, Indy Y. T.; YANG, Stephen J. H.; CHANG, Tzi-Li; WEI, Yu-Heng e LAN, Yu-Ju. Creating a 3D Game-Based Learning System in a Virtual World for Low-Achieving Students

- in Mathematics. In: **16th International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT**, pag. 518-519, 2016. DOI: 10.1109/ICALT.2016.37.
- HUIZINGA, Johan. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Perspectiva: São Paulo. 1999.
- IASTATE. **Iowa State University**. 2015. Disponível em: <https://www.iastate.edu/>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- IATECH. **Tendências de Educação Online**. São Paulo: Iatech, 2015. Disponível em: <<http://materiais.ciatech.com.br/tendencias2015completo>>. Acesso em: 07 dez. 2015.
- JACKSON, S. A. e EKLUND, R. C. Assessing flow in physical activity: The flow state scale-2 and dispositional flow scale-2. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, Vol. 24, Ed. 2, 133-150. 2002.
- JACKSON, S. A. e MARSH, H. W. Development and Validation of a Scale to Measure Optimal Experience: The Flow State Scale. **Journal of Sport & Exercise Psychology**. Vol. 18, Pág. 17-35. 1996.
- JACKSON, S. A.; MARTIN, A. J. e EKLUND, R. C. Long and Short Measures of Flow: The Construct Validity of the FSS-2, DFS-2 and New Brief Counterparts. **Journal of Sport & Exercise Psychology**. Vol. 30, Pág. 561-587. 2008.
- JACKSON, Sue; EKLUND, Bob e MARTIN, Andrew. **The FLOW Manual: The Manual for the Flow Scales**. 2010. Disponível em: <<https://www.mindgarden.com/100-flow-scales>>. Acesso em: 05 Jan. 2018.
- JIMENÉZ, Rodrigo Pascual e ANDERSSON, Pernille Hammar. Fast-track On-site Project Delivery: A Flow Based Approach to Learning. In: **Attracting Young People to Engineering - ALE 2014**, Villas-Boas, Patricia e Giovannini, Odilson (Eds.), Brasília: ABENGE, 2014. Disponível em: [http://vbaco01.ucs.br/aleEvento/images/files/Proceedings\\_ALE\\_2014\\_final\\_version.pdf](http://vbaco01.ucs.br/aleEvento/images/files/Proceedings_ALE_2014_final_version.pdf). Acesso em 13 Jul. 2016.
- JONES, C. D., HOLLENHURST, S. J., & PERNA, F. An empirical comparison of the four channel flow model and adventure experience paradigm. In: **Leisure Sciences**, Num. 25, pp. 17–31, 2003.
- KAMARAINEN, A.M.; METCALF, S.; GROTZER, T. e DEDE, C. Exploring ecosystems from the inside: how immersive multi-user virtual environments can support development of epistemologically grounded modeling practices in ecosystem science instruction. In: **Journal of Science Education and Technology**, 2015, Vol. 24, Iss.2, pp 148–167, Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10956-014-9531-7>, Acesso em: 25 Ago. 2016.

- KAMARAINEN, Amy M.; METCALF, Shari; GROTZER, Tina; BROWNE, Allison; MAZZUCA, Diana; TUTWILER, M. Shane e DEDE, Chris. EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips, In: **Computers & Education**, Vol 68, 2013, Pg. 545-556, ISSN 0360-1315, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>, Acesso em: 25 Ago. 2016.
- KAPP, Karl M. **The Gamification of Learning and Instruction: game-based methods and strategies for training and education**. Pfeifer, Wiley USA, 2012.
- KELLER, J. M. **Motivational design for learning and performance: the ARCS model approach**. New York, Springer. 2010. Disponível em: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=510896>. Acesso em: 07 Set. 2016.
- KEROUS, Bojan; SKOLA, Filip e LIAROKAPIS, Fotis. EEG-based BCI and video games: a progress report. *Virtual Reality*, Vol. 22, Núm. 2, pág.119–135, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10055-017-0328-x>.
- KLOPFER, E.; OSTERWEIL, S.; SALEN, K. **Moving learning games forward**. Education Arcad, Massachusetts Institute of Technology - MIT, 2009. Disponível em: [http://education.mit.edu/wp-content/uploads/2015/01/MovingLearningGamesForward\\_EdArcade.pdf](http://education.mit.edu/wp-content/uploads/2015/01/MovingLearningGamesForward_EdArcade.pdf). Acesso em: 10 out. 2015.
- KNAVING, Kristina; WOŹNIAK, Paweł, FJELD, Morten e BJÖRK, Staffan. Flow is Not Enough: Understanding the Needs of Advanced Amateur Runners to Design Motivation Technology. In: **Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)**. ACM, New York, NY, USA, p. 2013-2022. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2702123.2702542>
- KOIVISTO, Jaana-Maija; NIEMI, Hannele; MULTISILTA, Jari e ERIKSSON, Elina. Nursing students' experiential learning processes using an online 3D simulation game. In: **Education and Information Technologies**, pp 1-16, 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10639-015-9453-x>, Acesso em: 25 jun. 2016.
- KOLB, David A.; BOYATZIS, Richard E.; MAINEMELIS, Charalampos. **Experiential Learning Theory: Previous Research and New Directions**. 31 ago. 1999. Disponível em: <http://www.d.umn.edu/~kgilbert/educ5165-731/Readings/experiential-learning-theory.pdf>. Acesso em: 11 Mai. 2014.
- KOLB, David. A. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice–Hall, 1984.



- KONAK, Abdullah; CLARK, Tricia K. e NASEREDDIN, Mahdi. Using Kolb's Experiential Learning Cycle to improve student learning in virtual computer laboratories. In: **Computers & Education**, Vol. 72, pp. 11–22, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131513002984>, Acesso em: 25 jun. 2016.
- KORN, Oliver e TIETZ, Stefan. Strategies for Playful Design when Gamifying Rehabilitation: A Study on User Experience. In: Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '17), Pag. 209-214. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1145/3056540.3056550>
- KUROSE, James F. e ROSS, Keith W. Redes de Computadores e a internet: uma abordagem top-down, 5a. ed., São Paulo, SP, Pearson AddisonWesley,2010.
- LABONTE-LEMOYNE, É.; LÉGER, P.-M.; RESSEGUIER, B.; BASTARACHE-ROBERGE, M.-C.; FREDETTE, M.; SENEAL, S. e COURTEMANCHE, F. Are We in Flow Neurophysiological Correlates of Flow States in a Collaborative Game. In: Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Pág. 1980-1988. 2016. <https://doi.org/10.1145/2851581.2892356>.
- LAKATOS, Eva M; MARCONI, Mariana de A. **Metodologia Científica** . 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- LANDHÄUßER, Anne e KELLER, Johannes. Flow and Its Affective, Cognitive, and Performance-Related Consequences. **Advances in Flow Research**. Engeser, Stefan (Editor). Cap. 4. Springer: Dordrecht. 2012.
- LARSON, R., e CSIKSZENTMIHALYI, M. The experience sampling method. **New Directions for Methodology of Social and Behavioral Science**, Vol. 15, pág. 41–56, 1983.
- LE, Quang Tuan; PEDRO, Akeem; PHAM, Hai Chien e PARK, Chan Sik. A Virtual World Based Construction Defect Game for Interactive and Experiential Learning. In: **International Journal of Engineering Education**. Vol. 32, No. 1(B), pp. 457–467, 2016. Disponível em: Acesso em: [https://www.researchgate.net/publication/291351577\\_A\\_Virtual\\_World\\_Based\\_Construction\\_Defect\\_Game\\_for\\_Interactive\\_and\\_Experiential\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/291351577_A_Virtual_World_Based_Construction_Defect_Game_for_Interactive_and_Experiential_Learning), Acesso em: 25 jun. 2016.
- LEONE, Matias N.; BANQUIERO, Mariano M. e BURSZTYN, Andres. A case study on 3D Virtual kitchen design with Kinect sensor. In: **XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación**, 2013, Mar Del Plata. Proceedingsde CACIC 2013. Mar Del Plata: RedUNCI - Universidad CAECE, 2013. pp.386-396

LIGHTWORKS. **Downloads**. Disponível em:

[https://www.lwks.com/index.php?option=com\\_lwks&view=download&Itemid=206&tab=0](https://www.lwks.com/index.php?option=com_lwks&view=download&Itemid=206&tab=0).

Acesso em: 09 mai. 2016.

LINDEN RESEARCH. **Second Life Wiki (en)**. Disponível em:

[http://wiki.secondlife.com/wiki/Help:Getting\\_started\\_with\\_LSL](http://wiki.secondlife.com/wiki/Help:Getting_started_with_LSL). Acesso em 13 Ago. 2015.

LMMS. **LMMS : Home**. Disponível em: <https://lmms.io/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

LSL. **LSL Wiki HomePage**. Disponível em <<http://lslwiki.net/lslwiki/wakka.php>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

LYNCH, T. e GHERGULESCU, I. Large Scale Evaluation of Learning Flow. **2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)**, Timisoara, 2017, pp. 62-64. doi: 10.1109/ICALT.2017.98

MACDONALD, R., BYRNE, C., & CARLTON, L. Creativity and flow in musical composition: An empirical investigation. In: **Psychology of Music**, Num. 34, pp. 292–306, 2006.

MACHADO, L. ; CASTRO, A. R. de ; MONTICELLI, J. M. ; SCHLEMMER, E. ; CRUZ, R. R. ; WALLAUER, M. ; BARTH, M. . A Gamificação como Estratégia de Capacitação e o Estado de Flow: um estudo de caso em uma empresa da área de tecnologia da informação (TI) da região sul do Brasil. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, 2015, Teresina (PI). SBC Proceedings of SBGames 2015. p. 1015-1024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287645609\\_A\\_Gamificacao\\_como\\_Estrategia\\_de\\_Capacitacao\\_e\\_o\\_Estado\\_de\\_Flow\\_um\\_Estudo\\_de\\_Caso\\_em\\_uma\\_Empresa\\_da\\_Area\\_de\\_Tecnologia\\_da\\_Informacao\\_TI\\_da\\_Regiao\\_Sul\\_do\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/287645609_A_Gamificacao_como_Estrategia_de_Capacitacao_e_o_Estado_de_Flow_um_Estudo_de_Caso_em_uma_Empresa_da_Area_de_Tecnologia_da_Informacao_TI_da_Regiao_Sul_do_Brasil). Acesso em: 06 Dez. 2015

MACLAREN, Rick; TRAN, Van H. e CHIAPPE, Dan. **Thinking Skills and Creativity**, Vol. 24, pag. 199–227. 2017.

MARTIN, A. J., & JACKSON, S. A. Brief approaches to assessing task absorption and enhanced subjective experience: Examining ‘short’ and ‘core’ flow in diverse performance domains. In: **Motivation and Emotion**, Num. 32, pp. 141–157, 2008.

MARTIN, J. J., & CUTLER, K. An exploratory study of flow and motivation in theatre actors. In: **Journal of Applied Sport Psychology**, Num. 14, pp. 344–352, 2002.

MATTAR, João. **O Uso do Second Life como ambiente de Aprendizagem**. Revista Fonte, 2008.

MAYER, R. E.; HEISER, J. e LONN, S. Cognitive constraints on multimedia learning: when presenting more material results in less understanding. **Journal of Educational Psychology**, V. 93, N. 1, pag. 187–198. 2001.

- MAYERS, P. Flow in Adolescents and its relation to the school experience. Tese de doutorado não publicada, University of Chicago. 1978. In Carli, M., Delle Fave, e Massimini, F. 1988. The quality of experience in the flow channels: Comparison of Italian and U.S. students. In M. Csikszentmihalyi & I. Csikszentmihalyi (Eds.), **Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness**, pág. 288-306. Cambridge, Cambridge University Press. 1988.
- MELLO, Aline; GRZECHOTA, Jeize de Fátima Batista e ZIMMER, Márcia. Memória e aprendizagem de L2. **Revista Educação e Linguagens**. Universidade Estadual do Paraná – Campi Campo Mourão, v. 4, n. 6, jan./jun. 2015. Disponível em <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/educacaoelinguagens/article/view/801>>. Acesso 25 Abr. 2017.
- MESTRE, Daniel R. **Immersion and Presence**. Mediterranean Virtual Reality Center. University of the Mediterranean. França. 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/239553303\\_Immersion\\_and\\_Presence](https://www.researchgate.net/publication/239553303_Immersion_and_Presence)>. Acesso em: 21 Nov. 2017.
- MEYER, Maximiliano. **Quais os sensores presentes no seu smartphone?**. Oficinanet. 2015. Disponível em: <https://www.oficinanet.com.br/post/14334-quais-os-sensores-presentes-no-seu-smartphone>. Acesso em 05 Set. 2016.
- MICHAEL, M. A.; CHRISTOU, C.; MITSINGAS, N. e KTORIDOU, D. Virtual worlds as a platform for learning: The case of the Transmission System Operator of Cyprus. In: **2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, Athens, 2017, pp. 1747-1754. doi: 10.1109/EDUCON.2017.7943086.
- MICROSOFT . **Kinect – Desenvolvimento de aplicativos do Windows**. 2016c. Disponível em: <https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>. Acesso em: 17 Set. 2016.
- MICROSOFT. **Get Movie Maker - Microsoft Windows**. 2016a. Disponível em: <http://windows.microsoft.com/en-US/windows/get-movie-maker-download>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- MICROSOFT. **Microsoft Office | Melhor pacote de aplicativos essenciais**. 2016b. Disponível em: <https://products.office.com/pt-br/home>. Acesso em: 17 Set. 2016.
- MICROSOFT. Xbox | Site oficial. Disponível em: <<https://www.xbox.com/pt-BR>>. Acesso em: 16 Nov. 2017.
- MOODLE. **Moodle - Open-source learning platform**. Disponível em: <https://moodle.org/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

- MORENO, R. & MAYER, R. Interactive Multimodal Learning Environments - Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. **Educational Psychology Review**. Vol. 19, Ed. 3, pág. 309–326, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>>. Acesso em 03 Abr. 2015.
- MOSCHINI, Elena. The Second Life Researcher Toolkit – An Exploration of Inworld Tools, Methods and Approaches for Researching Educational Projects in Second Life, In: **Researching Learning in Virtual Worlds**. Peachey, Anna; Gillen, Julia; Livingstone, Daniel e Smith-Robbins, Sarah (eds.). The Open University. London: Springer. 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-84996-047-2>, Acesso em: 25 jun. 2014.
- MYLLER, N.; BEDNARIK, R.; SUTINEN, E. e BEN-ARI, M. Extending the engagement taxonomy: Software visualization and collaborative learning. In: **ACM Transactions on Computing Education**. Vol. 9, Iss. 1, Art. 7, pp. 7:1-7:27, 2009.
- NADOLNY, L., WOOLFREY, J., PIERLOTT S, KHAN,. SciEthics Interactive: science and ethics learning in a virtual environment, In: **Educational Technology Research and Development**, 2013, Vol. 61, Iss. 6, pp 979–999, Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11423-013-9319-0>, Acesso em 25 Ago. 2016.
- NAKAMURA, J. e CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow theory and research. In: Snyder, C. R. e Lopez, S. J. (Eds.), **Oxford handbook of positive psychology**, 2nd ed., pp. 195–206. 2009. New York, NY: Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780195187243.013.0018.
- NAKAMURA, J. e CSIKSZENTMIHALYI, M. The Concept of Flow. **Flow and the Foundations of Positive Psychology**. Cap. 16. Springer: Dordrecht. 2014.
- NELSON, B.C.; ERLANDSON, B.E. **Design for Learning in Virtual Worlds: Interdisciplinary Approaches Educational Technology**. New York: Routledge. 2012.
- NG-THOW-HING, V., BARK, K., BECKWITH, L.G., TRAN, C., BHANDARI, R., e SRIDHAR, S. User-centered perspectives for automotive augmented reality. **2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)**, Pág. 13-22. 2013.
- NINTENDO. Nintendo - Official Site - Video Game Consoles, Games. Disponível em: <<https://www.nintendo.com/>>. Acesso em: 16 Nov. 2017.
- NMC e FIRJAN. **Perspectivas tecnológicas para o ensino fundamental e Médio Brasileiro de 2012 a 2017: Uma análise regional**. Austin (Estados Unidos): NMC Horizon Project e Sistema Firjan, 2012. Disponível em: <<http://zerohora.clicrbs.com.br/pdf/14441735.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015.

- NOVAK, T. P., HOFFMAN, D. L., & YUNG, Y. F. Measuring the customer experience in online environments: A structural modelling approach. In: **Marketing Science**, Num. 19, pp. 21-36, 2000.
- NOVAK, T. P., HOFFMAN, D. L., e DUHACHEK, A. The influence of goal-directed and experiential activities on online flow experiences. In: **Journal of Consumer Psychology**, Num. 13, pp. 3–16, 2003.
- NSF. **NSF - National Science Foundation**. Disponível em: <http://www.nsf.gov/>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- NUNES, F. B., HERPICH, F., DO AMARAL, E. M. H., VOSS, G. B., ZUNGUZE, M. C., MEDINA, R. D., TAROUÇO, L. M. R.. A dynamic approach for teaching algorithms: Integrating immersive environments and virtual learning environments. In: **Computer Applications in Engineering Education**, v. 999, p. 1-20, 2017.
- NYE B. et al. Analyzing Learner Affect in a Scenario-Based Intelligent Tutoring System. In: André E., Baker R., Hu X., Rodrigo M., du Boulay B. (eds) **Artificial Intelligence in Education**. AIED 2017. pp 544-547, vol 10331. Springer, Cham. 2017.
- O'NEILL, S. Flow theory and the development of musical performance skills. In: **Bulletin of the Council for Research in Music Education**, Num. 141, pp. 129–134, 1999.
- OCCHIONI, M. . Techland, a virtual world for maths and science, In: **Proceedings of the 3rd European Immersive Education Summit**, 2013, pg. 94-99. Disponível em: [http://jied.org/proceedings/iED\\_EUROPE\\_2013.pdf](http://jied.org/proceedings/iED_EUROPE_2013.pdf). Acesso em: 13 Mai. 2015.
- OCCHIONI, Michelina. Statland - La statistica in 3D. In: **Atti Convegno Nazionale DIDAMATICA 2015**, pg. 697-702, Scuola Politecnica – Università degli Studi di Genova, Genova, Apr. 2015, Disponível em: <http://www.didamatica2015.unige.it/wp-content/uploads/2016/01/Atti-Didamatica.pdf>, Acesso em: 22 Ago. 2016.
- OCULUS. **Oculus Rift - Oculus**. 2016. Disponível em: <https://www3.oculus.com/en-us/rift/>, Acesso em 12 Set. 2016.
- OFFICE. Usar Ferramentas de Análise para executar análises de dados complexas. Disponível em: <https://support.office.com/pt-br/article/usar-ferramentas-de-an%C3%A1lise-para-executar-an%C3%A1lises-de-dados-complexas-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>, Acesso em 10 Mai. 2017.
- OPENSIM. **OpenSim**. 2014. Disponível: <http://opensimulator.org/>. Acesso em: 07 fev. 2013.
- OPENSIM. **OpenSim: Scripting Languages**. 2012. Disponível: [http://opensimulator.org/wiki/Scripting\\_Languages](http://opensimulator.org/wiki/Scripting_Languages). Acesso em: 09 fev. 2013.

OSGRID. **OSgrid - OpenSimulator Metaverse**. 2013. <http://www.osgrid.org/>. Acesso em 13 jun. 2016.

PARKIN, Simon. Dando Maior Realismo a Mundos Virtuais. **MIT Technology Review**, 9 Abr. 2015, Publicado pela Oppino, Tradução por Elisa Matte, Disponível em: [http://www.technologyreview.com.br/read\\_article.aspx?id=47262](http://www.technologyreview.com.br/read_article.aspx?id=47262), Acesso em: 12 Set. 2016.

PEIFER, Corinna. Psychophysiological Correlates of Flow-Experience. **Advances in Flow Research**. Engeser, Stefan (Editor). Cap. 8. Springer: Dordrecht. 2012.

PELLAS, Nikolaos e BOUMPA, Anna. Blending the CoI Model with Jigsaw Technique for Pre-Service Foreign Language Teachers' Continuing Professional Development Using Open Sim and Sloodle. In: **Education and Information Technologies**, v22, n3, pp. 939-964. 2017. **pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

PFÜTZENREUTER, Allan César. **Tocar/jogar Rocksmith: as experiências de flow de jovens guitarristas que jogam games de música**. 2013. 201f. Dissertação do Mestrado em Música, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Artes, Programa de Pós-Graduação em Música, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/77073>. Acesso em: 18 Out. 2015.

PHOENIX. **Phoenix Portable download - SourceForge.net**. Disponível em: <https://sourceforge.net/projects/phoenixportable/>. Acesso em Acesso em 20 Abr. 2017.

PILEIRA, Martinha e COSTA, Carlos J. Gamification: Conceptual framework to online courses of learning computer programming. 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisbon, Portugal, 2017. DOI: 10.23919/CISTI.2017.7975695.

PLASS, J. L., HEIDIG, S., HAYWARD, E. O., HOMER, B. D., & UM, E. Emotional design in multimedia learning: effects of shape and color on affect and learning. In: **Learning and Instruction**, Num. 29, Iss. 2014, pp. 128-140, 2014.

PLAYSTATION. PlayStation® : PS4™, PS3™, PS Vita, PSP®, PS2™, PlayStation®Games - PlayStation®Store. Disponível em: <https://www.playstation.com/pt-br/>. Acesso em: 16 Nov. 2017.

PLUMMER, John Paul ; SCHUSTER, David e KEEBLER, Joseph R. The effects of gender, flow and video game experience on combat identification training, **Ergonomics**, Vol. 60, Ed. 8, Pag. 1101-1111. 2017. DOI: 10.1080/00140139.2017.1280187.

PORTABLEAPPS.COM. **PortableApps.com - Portable software for USB, portable, and cloud drives**. Disponível em: <https://portableapps.com/apps/development/xampp>. Acesso em Acesso em 25 Mai. 2017.

- POSITIVE PSYCHOLOGY PROGRAM. **Mihaly Csikszentmihalyi: All About Flow Positive Psychology**. 2018. Disponível em: <<https://positivepsychologyprogram.com/mihaly-csikszentmihalyi-father-of-flow/>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.
- POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed. 2002.
- PRENSKY, Marc. **Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais**. 1ª Edição. São Paulo. Editora Senac São Paulo. 2012.
- PRINCETON. **Princeton University - Home**. 2016. Disponível em: <http://www.princeton.edu/main/>, Acesso em: 12 jun. 2016.
- PROGRAM O. Program O – The Friendly Open Source PHP, MySQL, AIML Chatbot. 2016. Disponível em <http://www.program-o.com/>. Acesso em: 25 Mar. 2015.
- PSALTIS, A.; APOSTOLAKIS, K.C.; DIMITROPOULOS, K.; DARAS, P. Multimodal Student Engagement Recognition in Prosocial Games. In: **IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**. 2017. DOI 10.1109/TCIAIG.2017.2743341. No prelo.
- PUCRS. **Guia Acadêmico - cursos de Graduação 2018**. Disponível em: <<http://conteudo.pucrs.br/wp-content/uploads/sites/3/2018/02/guia-academico-2018.pdf>>, Acesso em: 12 Abr. 2018.
- REEVES, Jodi. Ethics in Engineering Education Using Virtual Worlds, In: **120th ASEE Annual Conference & Exposition**, 2013. Disponível em: <https://www.asee.org/public/conferences/20/papers/6799/download>. Acesso em 25 Ago. 2016.
- REGGINI, Horacio C. A Logo Postcard from Argentina. In: **Logo Philosophy and Implementation**, 1999, Global Leader in Constructivist Educational Technology. Disponível em: <http://www.microworlds.com/company/philosophy.pdf>. Acesso em: 13 set 2015.
- RICO, M.; MARTÍNEZ-MUÑOZ, G.; ALAMAN, X.; CAMACHO, D.; PULIDO, E. A Programming Experience of High School Students in a Virtual World Platform. In: **International Journal of Engineering Education**. Vol. 27. Iss. 1, pp. 1-9. 2011. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/30808375/Rico2011a.pdf>. Acesso em 26 Abr. 2015.
- RIGHETTI, Sabine. Base nacional curricular exige laboratório de ciências que as escolas não têm. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 08 fev. 2017, Caderno Abecedário. Disponível em: <<http://abecedario.blogfolha.uol.com.br/2017/02/08/base-nacional-curricular-exige-laboratorio-de-ciencias-que-as-escolas-nao-tem/>>. Acesso em: <29 set. 2017>.

- RITTERFELD, U., SHEN, C., WANG, H., NOCERA, L., & WONG, W. L. Multimodality and interactivity: connecting properties of serious games with educational outcomes. In: **Cyber Psychology & Behavior**, Num. 12, Iss.6, pp. 691-697, 2009.
- RODRÍGUEZ-ARDURA, I. e MESEGUER-ARTOLA, A. Flow in e-learning: What drives it and why it matters. **British Journal of Educational Technology**, Vol. 48, No 4, Pag. 899–915. 2017. DOI:10.1111/bjet.12480.
- SAMSUNG. **Óculos Gear VR - Samsung**. 2016. disponível em: <http://www.samsung.com/br/consumer/mobile-devices/wearables/gear/SM-R322NZWAZTO>, Acesso em 12 Set. 2016.
- SAN CESARIO. **istituto comprensivo san cesario**. Disponível em: <http://www.comprensivosancesario.gov.it/it/>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- SANTAELLA, Lucia. **Cultura e artes do pós-humano**. São Paulo: Paulus. 2003.
- SCHAF, Frederico Menine. **Arquitetura modular para ambientes virtuais de ensino de automação com suporte à realidade mista e colaboração**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Tese. 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28954>. 2011>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- SCHÄFER, Camila; LOPES, Tiago Ricciardi Correa. Cultura do software e autonomização da game music. In: **Anais V Simpósio Nacional ABCiber**, 2012. Disponível em: <<http://www.abciber.org/simposio2011/anais/Trabalhos/artigos/Eixo%204/5.E4/162.pdf>>. Acesso em 02 de set. 2015.
- SCHEITER, Katharina e GERJETS, Peter. Learner Control in Hypermedia Environments. **Educational Psychology Review**, Vol. 19 Núm. 3, pág. 285-307, 2007.
- SCHLATTER, Gabriel Vianna. **Arquitetura pedagógica para construção de competências de gestão através de simuladores de negócios**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Tese. 2016. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/143756>, Acesso em: 31 Ago. 2016.
- SCHLEMMER, E. e TREIN, D. Criação de Identidades Digitais Virtuais para Interação em Mundos Digitais Virtuais em 3D. In: **Congresso Internacional de EaD – ABED**, 2008.
- SCIETHICS. **Sciethics Interactive**. Disponível em: <http://www.sciethicsinteractive.com/>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- SECOND LIFE. **Second Life**. 2015a. Disponível em: [http://wiki.secondlife.com/wiki/Main\\_Page](http://wiki.secondlife.com/wiki/Main_Page). Acesso em 13 Ago. 2015.



- SHELDON, Lee. **The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game**. Boston: Course Technology, 2012.
- SIMONA. **Sim-on-a-Stick 0.8**. Disponível em: <<http://simonastick.com/>>. Acesso em 12 Mai. 2017a.
- SIMONA. **Sim-on-a-Stick 0.8**. Disponível em: <<http://simonastick.com/faqs08.html>>. Acesso em 12 Mai. 2017b.
- SIMS, Roderick. **Interactivity: A Forgotten Art?**. Jan. 27, 1997. Disponível em: <<http://www2.gsu.edu/~wwwitr/docs/interact/>>, Acesso em: 18 Mai. 2018.
- SINGULARITY. **Singularity Viewer**. Disponível em: <<http://www.singularityviewer.org/>>. Acesso em 20 Abr. 2017.
- SKARREDGHOST. **The difference between presence and immersion**. The Ghost Howls. November. 2016. Disponível em: <<https://skarredghost.com/2016/11/09/the-difference-between-presence-and-immersion/>>. Acesso em: 21 Nov. 2017.
- SMITH, Mark K. **David A. Kolb on experiential learning**. 2010. Disponível em: <http://infed.org/mobi/david-a-kolb-on-experiential-learning/>. Acesso em: 29 mai. 2016.
- SOLIMAN, Mohamed e GUETL, Christian. Realizing Intelligent Pedagogical Agents in Immersive Virtual Learning Environments. In **13th International conference on interactive computer aided learning**, 2010, pp. 909-915. Disponível em: <http://www.icl-conference.org/dl/proceedings/2010/contributions/Contribution302.pdf>, Acesso em: 12 Mai. 2015
- SOURCEFORGE. LSL Editor Community Edition download | SourceForge.net. Disponível em: <<https://sourceforge.net/projects/lsleditor/>>. Acesso em 16 Abr. 2017.
- SPIELMANN, N. e MANTONAKIS, A., In virtuo: How user-driven interactivity in virtual tours leads to attitude change. **Journal of Business Research**, 88, pp. 255-264. 2018.
- SPSS. **PASW Statistics**. 2015. Disponível em: <<http://www.spss.com.hk/statistics/>>, Acesso em: 28 Dez 2017.
- STRASSBURGER, Nândri Cândida e MACKKE, Janaina. Dimensões de análise da experiência do flow no turismo de aventura: rafting em Nova Roma Do Sul (RS/Brasil). **Revista Turismo Visão e Ação – Eletrônica**, Vol. 14 - nº 2 - p. 150–163 / mai-ago 2012. ISSN Eletrônico 1983-7151. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rtva/article/download/2346/2346>>, Acesso em 10 Mai. 2018.

- SU, Yu-Shan; CHIANG, Wei-Lun; LEE, Chin-Tarn James e CHANG, Han-Chao. The effect of flow experience on player loyalty in mobile game application. In: **Computers in Human Behavior**, Vol. 63, p. 240–248, 2016. DOI:10.1016/j.chb.2016.05.049 .
- SUN, J. C.-Y.; KUO, C.-Y.; HOU, H.-T. e LIN, Y.-Y. Exploring Learners' Sequential Behavioral Patterns, Flow Experience, and Learning Performance in an Anti-Phishing Educational Game. **Journal of Educational Technology & Society**, Vol. 20, Num. 1, Pag. 45–60, 2017.
- SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. **Educational Psychology Review**, V.17, N.2, June 2005.
- SWELLER, John; MERRIENBOER, Jeroen; PAAS, Fred. Cognitive Load Theory and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, Vol. 10, No. 3, pág 251–296, 1998.
- TAN, Meng e HEW, Khe Foon. Incorporating Meaningful Gamification in a Blended Learning Research Methods Class: Examining Student Learning, Engagement, and Affective Outcomes. **Australasian Journal of Educational Technology**, Vol. 32, Núm. 5, Pág. 19-34, 2016.
- TANENBAUM, Andrew S. e WETHERALL, David J. *Redes de Computadores*. 5. ed. Pearson Education do Brasil, 2011.
- TANTAN, O. C. ; LANG, D. e BOUGHZALA, I. Learning Business Process Management through Serious Games: Feedbacks on the Usage of INNOV8. **2016 IEEE 18th Conference on Business Informatics (CBI)**, Paris, 2016, pp. 248-254. doi: 10.1109/CBI.2016.35
- TAROUCO, L.M.R.; TIBOLA, L.R.; VOSS, G.B.; AVILA, B.G. e SGOBBI, F.S. Virtual laboratory for promoting engagement and complex learning. In: **World Conference on E-Learning - E-Learn 2014**, Volume 2014, Number 1, New Orleans: EdITLib. 2014. Pg. 1933-1938.
- TAROUCO, Liane; AMARAL, Érico; ÁVILA, Bárbara; ZEDNIK, Herik. VEGA - Implementando um Laboratório Virtual Imersivo no OpenSim. In: **Revista Novas Tecnologias na Educação - RENOTE**. Vol. 10, n. 1. 2012.
- TATE, Austin. I-Room: Augmenting Virtual Worlds with Intelligent Systems. In: **IEEE Internet Computing**, vol. 15, no. 5, pp. 56-61, 2011. Disponível em: doi: 10.1109/MIC.2011.71, Acesso em Abr. 2015
- TELEDUC. **Home** | [teleduc.org.br](http://teleduc.org.br). 2014. Disponível em: <http://www.teleduc.org.br/>. Acesso em: 09 mai. 2016.

- TIBOLA, L. R.; PEREIRA, C. E.; TAROUCO, L. M. R. **Educational labs in 3D virtual worlds: Improve engineer's competencies through practice labs**. In: XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, CLCA 2014, 2014, Cancun. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático. p.1379 – 1384.2014b.
- TIBOLA, L. R.; PEREIRA, C. E.; TAROUCO, L. M. R. **Improving Performance to Engineering Students through Virtual Labs and its Monitoring in Cockpit**. International Journal of Engineering Pedagogy. v.4, p.43 - 50, 2014a.
- TIBOLA, L. R.; TAROUCO, L. M. R.; PASSERINO, L. M. A possibilidade de identificação da ação mediada nos mundos digitais virtuais 3D. In: **Revista Novas Tecnologias na Educação - RENOTE**. Vol.11, pp. 1-10. 2013.
- TIBOLA, Leandro R. e TAROUCO, Liane M.R. Interoperability in Virtual World. In: **XIX Congreso Argentino de Ciencias de La Computación**, 2013, Universidad CAECE, Mar Del Plata, Argentina. p. 678-686. 2013.
- TIBOLA, Leandro R. e TAROUCO, Liane M.R. Rastreamento de Interações em Laboratórios Educacionais nos Mundos Virtuais 3D para Identificação de Engajamento. In: **Revista Novas Tecnologias na Educação - RENOTE**, v.13, n.2, 2015.
- TRI-UFRGS. Time de Resposta a Incidentes de Segurança - CPD - UFRGS. **Software Licenciado - SPSS - Centro de Processamento de Dados - UFRGS**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/tri/cpd/servicos/computadores-e-aplicativos/software-disponiveis/software-licenciado-spss>>, Acesso em 06 Jan. 2018.
- TSAI, Meng-Jung; HUANG, Li-Ju; HOU, Huei-Tse; HSU, Chung-Yuan e CHIOU, Guo-Li. Visual behavior, flow and achievement in game-based learning. **Computers & Education**, Volume 98, 2016, Pages 115-129, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.011>.
- UFRGS. Projeto AVATAR - AVATAR. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/avatar/>>. Acesso em: 28 Mai. 2017.
- UFRGS. **Pró-reitoria de Graduação**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/prograd>>, Acesso em: 12 Abr. 2018.
- UM, E., PLASS, J. L., HAYWARD, E. O., e HOMER, B. D. Emotional design in multimedia learning. In: **Journal of Educational Psychology**, Num. 104, Iss. 2, pp. 485-498, 2011.
- UNITY. **Unity - Game Engine**. 2016. Disponível em: <http://unity3d.com/pt/>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- UNREAL. **Unreal Engine: Blog**. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/blog>>. Acesso em: 12 Abr. 2018.

UPF. **Regimento Geral**. Disponível em:

<<http://usuarios.upf.br/~fo/Estatutos%20e%20regimentos/2%20-%20Regimento%20geral%20da%20UPF.pdf>>, Acesso em: 12 Abr. 2018.

URI. **Manual Acadêmico 2018**. Disponível em:

<[http://www.reitoria.br/reitoria\\_uri/gerar\\_pdf.php?arq\\_download=69&extensao=pdf&arquivo=Manual-academico-2018\\_r1.pdf](http://www.reitoria.br/reitoria_uri/gerar_pdf.php?arq_download=69&extensao=pdf&arquivo=Manual-academico-2018_r1.pdf)>, Acesso em: 12 Abr. 2018.

URIARTE, I. de L.; GARCIA-ZAPIRAIN, B. e Garcia-Chimeno Y. Game design to measure reflexes and attention based on biofeedback multi-sensor interaction. *Sensors*, Vol. 15, Núm. 3, Pág. 6520-48. 2015. doi: 10.3390/s150306520.

VAN DER MEIJ, H. Motivating agents in software tutorials. In: **Computers in Human Behavior**, Num. 29, Iss. 3, pp. 845-857, 2013.

VAN DER PAL, Jelke; ROOS, Christopher; SEWNATH, Ghanshaam e ROSHEUVEL, Christian. Adaptive Game Based Learning Using Brain Measures for Attention - Some Explorations. In: International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA). Pág. 343-348, 2016.

VAN DIJK, V. **Learning the triage procedure: Serious gaming based on guided discovery learning versus studying worked examples**. Tese não publicada. Utrecht, Holanda: Universidade Utrecht. 2010. Disponível em:

<http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/187112>, Acesso em: 10 Set. 2016.

VASILIOU, Christina; IOANNOU, Andri e ZAPHIRIS, Panayiotis. Measuring Students' Flow Experience in a Multimodal Learning Environment: A Case Study. In: **Learning and Collaboration Technologies**. Designing and Developing Novel Learning Experiences, Vol. 8523, pp. 346-357, 2014. Disponível em: DOI 10.1007/978-3-319-07482-5\_33, Acesso em 10 Ago. 2016.

VERGA, Antonio F. **Artigo alerta sobre causas de acidentes em laboratórios**. 2005. Disponível em: [http://www.crq4.org.br/informativomat\\_435](http://www.crq4.org.br/informativomat_435). Acesso em: 16 mar. 2016.

VERGNAUD, Gérard. **La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 2-3, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, Gérard. Problem solving and concept development in the learning of mathematics. In: **E.A.R.L.I. Second Meeting**, Tübingen, p. 1-15, Sept. 1987.

VERGNAUD, Gérard. Teoria dos campos conceituais. In: **Seminário Internacional de Educação Matemática**, 1., 1993, Rio de Janeiro. Anais do 1 o Seminário Internacional de Educação Matemática, Rio de Janeiro: NASSER, L., 1993. p. 1-26.

- VIANNA, Ysmar; VIANNA, Maurício; MEDINA, Bruno; TANAKA, Samara. **Gamification Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. MJV Press: Rio de Janeiro, 2013.
- VICINI, Lorena e SOUZA, Adriano Mendonça . Análise Multivariada da Teoria a Prática. Santa MARIA: UFSM, Caderno Didático. 215 p. 2005. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LIVRO%20FINAL%201.pdf>>. Acesso em: 17 Abr. 2018.
- VIRTUAL SCIENCE. **Virtual Science - Mondi virtuali per le scienze**. 2011. Disponível em: <http://www.virtualscience.it/>. Acesso em 20 Abr. 2014.
- WCUPA. **West Chester University**. 2016. Disponível em <https://www.wcupa.edu/>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- WEBSTER, J., TREVINO, L. K., & RYAN, L. The dimensionality and correlates of flow in human-computer interactions. In: **Computers in Human Behavior**, Num. 9, pp. 411-426, 1993.
- WEKA. **Weka 3 - Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java**. University of Waikato. Disponível em: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>. Acesso em: 23 mar. 2015.
- WENG, C., OTANGA, S., WENG, A. e COX, J. Effects of interactivity in E-textbooks on 7th graders science learning and cognitive load. **Computers and Education**, 120, pp. 172-184. 2018.
- WIX. **Criar Site Grátis. Descubra como criar um site grátis | WIX**. Disponível em: <http://pt.wix.com/>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- WORDPRESS. **WordPress.com - Crie um site ou um blog gratuito**. Disponível em: <https://br.wordpress.com/>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- WORSLEY, Marcelo e BLIKSTEIN, Paulo. Leveraging multimodal learning analytics to differentiate student learning strategies. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge, pages 360-367. ACM, 2015.
- WORSLEY, Marcelo e BLIKSTEIN, Paulo. Towards the development of multimodal action based assessment. In: Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge, ACM, pag. 94-101, 2013, Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2460315>, Acesso em 03 Mar. 2015.
- WORSLEY, Marcelo; SCHERER, Stefan; BLIKSTEIN, Paulo e MORENCY, Louis-Philippe. Exploring Behavior Representation for Learning Analytics. In: Proceeding of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction, ACM, Pág. 251-258, 2015.

YILMAZ, Rabia M.; BAYDAS, Ozlem; KARAKUS, Turkan e GOKTAS, Yuksel. An examination of interactions in a three-dimensional virtual world. In: **Computers & Education**, Vol. 88, 2015, pp. 256–267, Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013151500130X>, Acesso em 30 Ago. 2016.

ZANZINI, Antônio Carlos da Silva. Descritores Quantitativos de Riqueza e Diversidade de Espécies. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 43p.: il. – Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: MANEJO DE FLORESTAS NATIVAS. Disponível em: <<http://www.acszanzini.net/wp-content/uploads/material/livros/Descritores%20Quantitativos%20de%20Riqueza%20e%20Diversidade%20de%20Esp%C3%A9cies.doc>>. Acesso 20 Mar. 2018.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. **Gamification by Design**. Sebastopol: O’Reilly Media, 2011.

ZYDA, Michael. From visual simulation to virtual reality to games. In: **Journal Computer**, Vol. 38. Iss. 9, 2005; pp. 25-32. Disponível em:

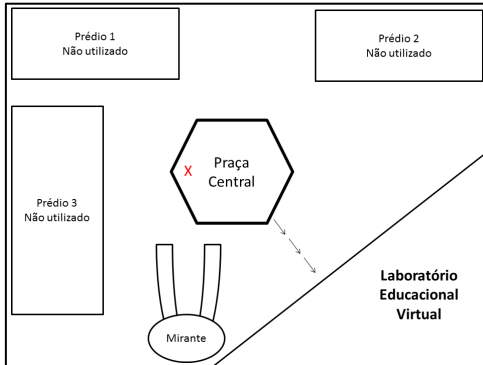
<https://pdfs.semanticscholar.org/a459/2975c28861b8aae4870e23612388cdfda67a.pdf>>.

Acesso em: 17 mai. 2016.

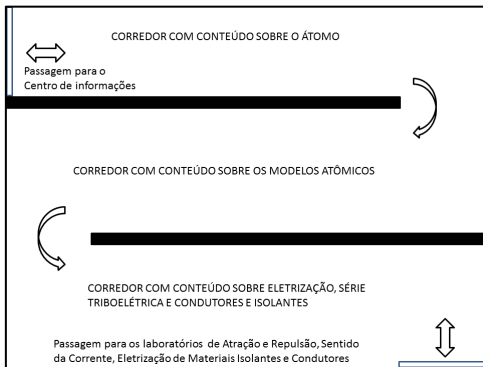
# APÊNDICES

## APÊNDICE A

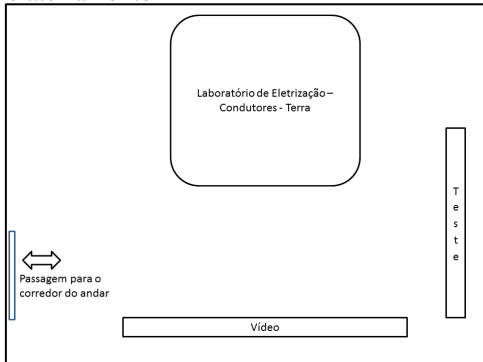
### 1 – Visão superior do mundo virtual



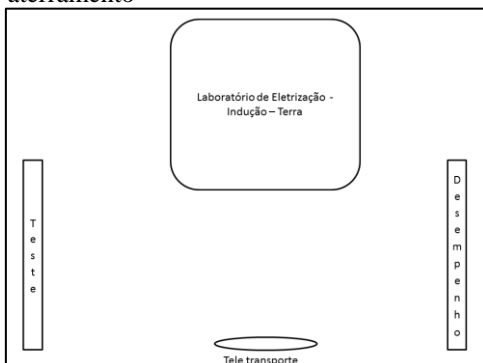
### 3 – Materiais instrucionais



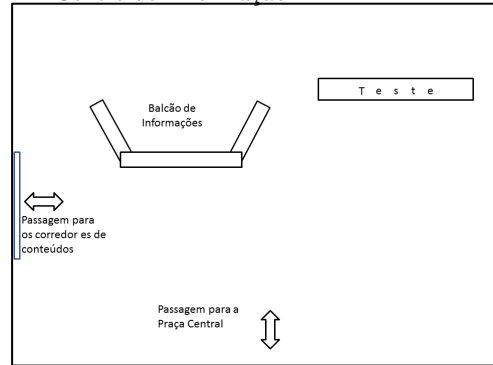
### 5 – Laboratório de Eletrização – Condutores e aterramento



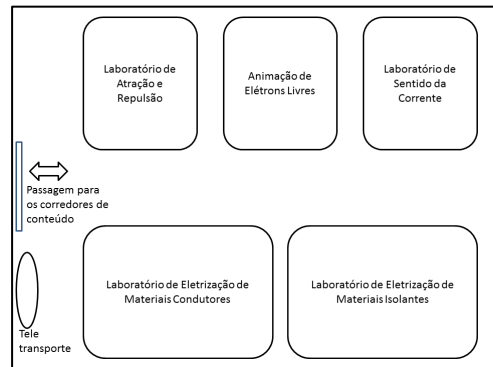
### 7 – Laboratório de Eletrização – Indução e aterramento



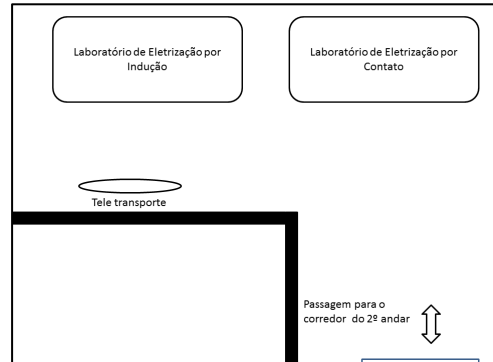
### 2 – Centro de Informação



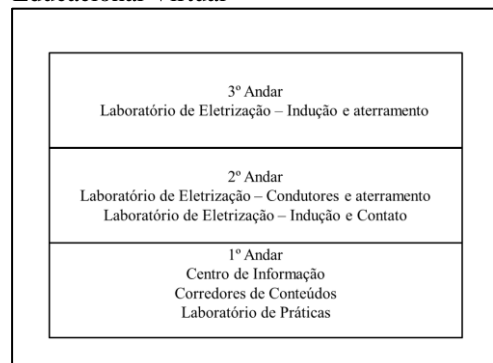
### 4 – Laboratórios de práticas



### 6 – Laboratório de Eletrização – Indução e Contato



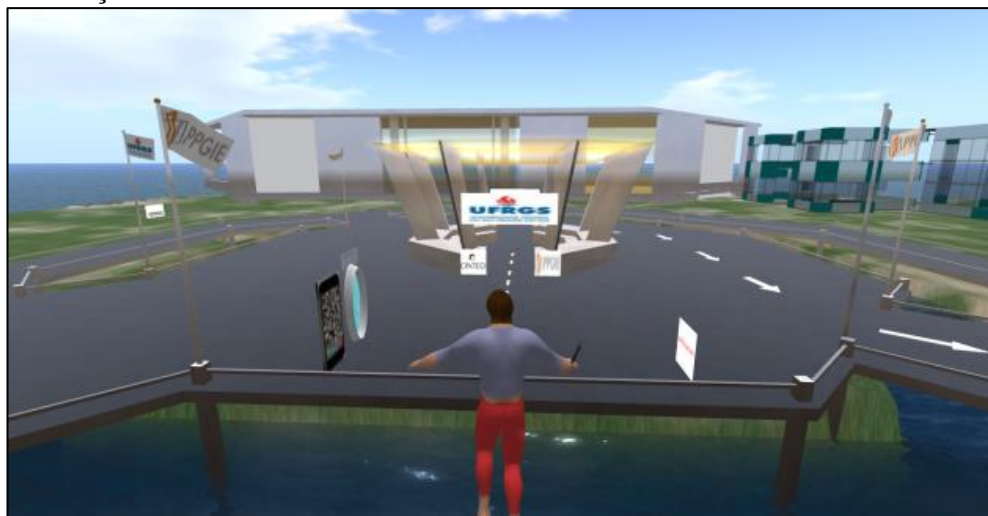
### 8 – Estrutura do prédio do Laboratório Educacional Virtual



## APÊNDICE B

Imagens do ambiente virtual e do Laboratório Educacional Virtual

1 – Praça central



2 – Centro de informação



3 – Corredor de conteúdo – Átomo





## 4 – Corredor de conteúdo – Modelos Atômicos



## 5 – Corredor de conteúdo – Eletrização



## 6 – Lab. atração/repulsão e sentido corrente



## 7 – Lab. de Condutores com Aterramento



## 8 – Lab. Eletrização por Contato.



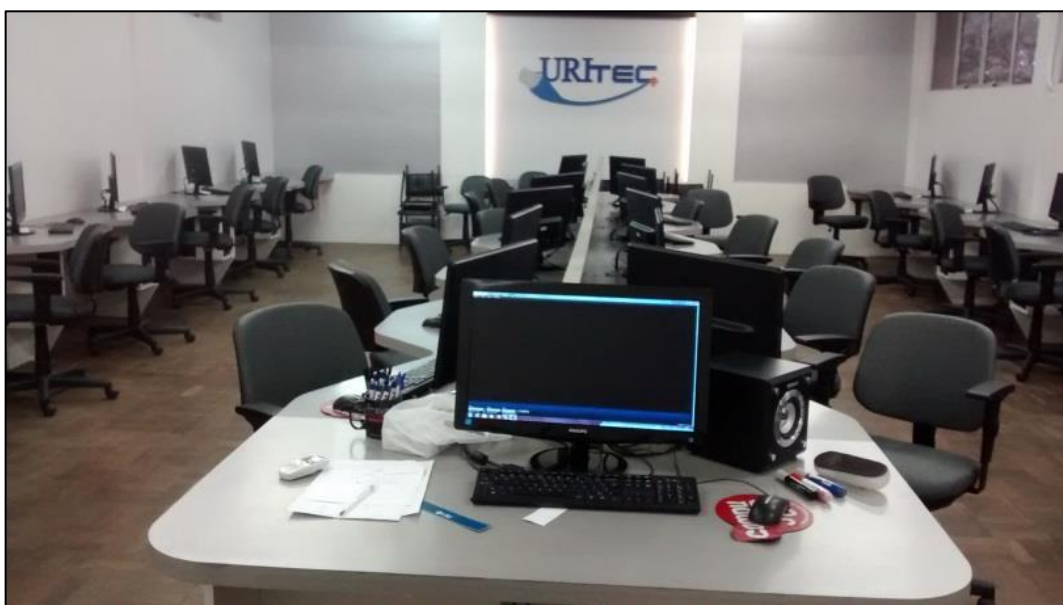
## 9 – Lab. Eletrização por Indução.

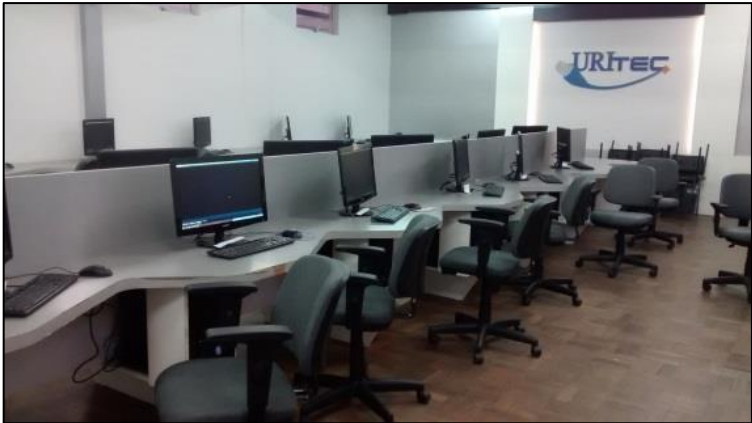


## 10 – Lab. Eletrização – Indução/Aterramento.



## APÊNDICE C





## APÊNDICE D

## PERFIL DO ALUNO

Por favor , preencha as informações abaixo:

1) Idade: \_\_\_\_\_ 2) Sexo: ( ) M ( ) F

3) Domínio das Tecnologias da Informação e Comunicação

Qual o nível de domínio das Tecnologias da Informação e Comunicação você considera possuir:

( ) Nenhum ( ) Pouco ( ) Regular ( ) Bom ( ) Muito bom

4) Posse de TIC

Assinale com um “X” o(s) dispositivo(s) tecnológico(s) que você possui:

( ) Computador de mesa ( ) Notebook ( ) Nenhum

( ) Tablet ( ) Telefone celular ( ) Outro: \_\_\_\_\_

5) Frequência de uso de TIC

Com que frequência você utiliza dispositivos tecnológicos para conexão à internet, envio de mensagens, acesso as redes sociais ou para outros fins?

( ) Nunca ( ) Eventualmente ( ) Mensalmente ( ) Quinzenalmente

( ) Semanalmente ( ) Diariamente, poucas vezes ( ) Diariamente, muitas vezes

6) Em qual destes dispositivos tecnológicos você acessa a Internet com maior frequência:

( ) Computador de casa ( ) Notebook pessoal ( ) Celular pessoal

( ) Computador da universidade ( ) Notebook da universidade ( ) Tablet pessoal

( ) Computador de trabalho ( ) Notebook do trabalho ( ) Nenhum

( ) Outro: \_\_\_\_\_

7) Você realiza prática em laboratório (informática, química, física, artes )? ( ) S ( ) N.

Se ‘Sim’, com qual frequência você realiza práticas em laboratório:

( ) diariamente ( ) semanalmente ( ) mensalmente ( ) semestralmente ( ) raramente

8) Você é usuário de jogos eletrônicos no computador ou em XBox, PS, ...? ( ) S ( ) N.

Se ‘Sim’, com qual frequência você joga:

( ) Nunca ( ) Eventualmente ( ) Mensalmente ( ) Quinzenalmente

( ) Semanalmente ( ) Diariamente, poucas vezes ( ) Diariamente, muitas vezes

9) Assinale o seu tipo de jogo preferido (de 1 até 3, sendo esta a ordem de preferência) :

( ) Ação ( ) Tiro ( ) Aventura ( ) Construção/gerenciamento

( ) Esporte ( ) Estratégia ( ) Simulação ( ) Corrida ( ) RPG

10) Você acessa algum Mundo Virtual Digital 3D (MVD3D), como o Second Life e/ou OpenSim? ( ) S ( ) N.

Se ‘Sim’, com qual frequência:

( ) Nunca ( ) Eventualmente ( ) Mensalmente ( ) Quinzenalmente

( ) Semanalmente ( ) Diariamente, poucas vezes ( ) Diariamente, muitas vezes

Obrigado pela sua colaboração!

## APÊNDICE E

## PRÉ-TESTE

Seu avatar no OpenSim: \_\_\_\_\_

Por favor preencha as questões abaixo, assinale a alternativa correta:

- 1) Em relação ao átomo, é verdadeiro afirmar que:
  - A) Ele é formado pelo núcleo, composto por prótons e nêutrons, e pela eletrosfera, composta por elétrons.
  - B) Ele é formado pelo núcleo, composto por elétrons e nêutrons, e pela eletrosfera, composta por prótons.
  - C) Ele é formado pelo núcleo, composto por prótons, e pela eletrosfera, composta por elétrons e nêutrons.
  - D) Ele é formado pelo núcleo, composto por elétrons, e pela eletrosfera, composta por prótons e nêutrons.
  
- 2) As cargas elétricas que os elementos do átomo possuem são:
  - A) Prótons = positiva, nêutrons = neutra e elétrons = negativa.
  - B) Prótons = negativa, nêutrons = neutra e elétrons = positiva.
  - C) Prótons = neutra, nêutrons = positiva e elétrons = negativa.
  - D) Prótons = positiva, nêutrons = negativa e elétrons = neutra.
  
- 3) Se em um objeto o número de prótons é igual ao número de elétrons, dizemos que ele está eletricamente neutro. Quando atritamos este objeto com um objeto diferente, ocorre a eletrização. Na eletrização ocorre a ...
  - A) A transferência de elétrons de um objeto para outro.
  - B) A transferência de prótons de um objeto para outro.
  - C) A transferência de nêutrons de um objeto para outro.
  - D) A troca da mesma quantidade de elétrons por prótons.
  
- 4) Quando o número de elétrons e prótons é diferente, o átomo pode se tornar um ...
  - A) ION Positivo: quando o número de elétrons é maior do que o de prótons. ION Negativo: quando o número de prótons é maior do que o de elétrons.
  - B) ION Positivo: quando o número de prótons é maior do que o de elétrons. ION Negativo: quando o número de elétrons é maior do que o de prótons.
  
- 5) Quais são os modelos atômicos mais conhecidos:
  - A) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Rutherford e Modelo atômico de Bohr.
  - B) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Copérnico e Modelo atômico de Bohr.
  - C) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Einstein e Modelo atômico de Bohr.
  - D) Modelo atômico de Edison, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Rutherford e Modelo atômico de Bohr.
  
- 6) O átomo é eletricamente neutro se o número de prótons é igual ao de elétrons. Porém, os elétrons podem facilmente abandonar o átomo ou elétrons de fora podem se agregar ao

átomo, o que caracteriza a eletrização dos corpos. Como fica a carga elétrica de um átomo quando perde ou ganha elétrons?

- A) Carga elétrica positiva se perder elétrons. Carga elétrica negativa se receber elétrons.
- B) Carga elétrica positiva se receber prótons. Carga elétrica negativa se receber elétrons.
- C) Carga elétrica positiva se perder elétrons. Carga elétrica negativa se perder prótons.
- D) Carga elétrica positiva se receber prótons e nêutrons. Carga elétrica negativa se receber elétrons e nêutrons.

7) Tomando por base a carga elétrica positiva dos prótons e negativas dos elétrons ...

- A) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se atraem. Elétrons se repelem.
- B) Prótons e elétrons se repelem. Prótons se atraem. Elétrons se atraem.
- C) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se repelem. Elétrons se atraem.
- D) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se repelem. Elétrons se repelem.

8) O que são condutores? O que são isolantes?

A) Condutor é o material através do qual os prótons podem mover-se com facilidade. Isolante é o material através do qual os prótons se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.

B) Condutor é o material através do qual os elétrons livres podem mover-se com facilidade. Isolante é o material através do qual os elétrons livres se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.

C) Condutor é o material através do qual os nêutrons podem mover--se com facilidade. Isolante é o material através do qual os nêutrons se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.

D) Isolante é o material através do qual os elétrons livres podem mover--se com facilidade. Condutor é o material através do qual os elétrons livres se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.

9) A eletrização por contato ocorre com dois corpos ocorre ...

A) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de prótons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.

B) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de elétrons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.

C) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de nêutrons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.

D) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente neutro, a passagem de elétrons desse corpo para outro, eletricamente carregado, pode ocorrer espontaneamente.

10) Na eletrização por indução temos dois elementos: indutor e induzido. Eles são, respectivamente:

A) O corpo eletrizado é o indutor e o condutor que sofreu o processo de separação de cargas é o induzido.

B) O corpo eletrizado é o induzido e o condutor que sofreu o processo de separação de cargas é o indutor .

C) O corpo neutro é o indutor e o condutor eletrizado é o induzido.

D) O corpo eletrizado é o induzido e o condutor neutro é o indutor.

Agradeço a sua colaboração!



## APÊNDICE F

## PÓS-TESTE

Seu avatar no OpenSim: \_\_\_\_\_

Por favor, preencha as questões abaixo, assinale a alternativa correta:

- 1) Em relação ao átomo, é verdadeiro afirmar que:
  - A) Ele é formado pelo núcleo, composto por prótons e nêutrons, e pela eletrosfera, composta por elétrons.
  - B) Ele é formado pelo núcleo, composto por elétrons e nêutrons, e pela eletrosfera, composta por prótons.
  - C) Ele é formado pelo núcleo, composto por prótons, e pela eletrosfera, composta por elétrons e nêutrons.
  - D) Ele é formado pelo núcleo, composto por elétrons, e pela eletrosfera, composta por prótons e nêutrons.
  
- 2) As cargas elétricas que os elementos do átomo possuem são:
  - A) Prótons = positiva, nêutrons = neutra e elétrons = negativa.
  - B) Prótons = negativa, nêutrons = neutra e elétrons = positiva.
  - C) Prótons = neutra, nêutrons = positiva e elétrons = negativa.
  - D) Prótons = positiva, nêutrons = negativa e elétrons = neutra.
  
- 3) Se em um objeto o número de prótons é igual ao número de elétrons, dizemos que ele está eletricamente neutro. Quando atritamos este objeto com um objeto diferente, ocorre a eletrização. Na eletrização ocorre a ...
  - A) A transferência de elétrons de um objeto para outro.
  - B) A transferência de prótons de um objeto para outro.
  - C) A transferência de nêutrons de um objeto para outro.
  - D) A troca da mesma quantidade de elétrons por prótons.
  
- 4) Quando o número de elétrons e prótons é diferente, o átomo pode se tornar um ...
  - A) ION Positivo: quando o número de elétrons é maior do que o de prótons. ION Negativo: quando o número de prótons é maior do que o de elétrons.
  - B) ION Positivo: quando o número de prótons é maior do que o de elétrons. ION Negativo: quando o número de elétrons é maior do que o de prótons.
  
- 5) Quais são os modelos atômicos mais conhecidos:
  - A) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Rutherford e Modelo atômico de Bohr.
  - B) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Copérnico e Modelo atômico de Bohr.
  - C) Modelo atômico de Dalton, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Einstein e Modelo atômico de Bohr.
  - D) Modelo atômico de Edison, Modelo atômico de Thomson, Modelo atômico de Rutherford e Modelo atômico de Bohr.

- 6) O átomo é eletricamente neutro se o número de prótons é igual ao de elétrons. Porém, os elétrons podem facilmente abandonar o átomo ou elétrons de fora podem se agregar ao átomo, o que caracteriza a eletrização dos corpos. Como fica a carga elétrica de um átomo quando perde ou ganha elétrons?
- A) Carga elétrica positiva se perder elétrons. Carga elétrica negativa se receber elétrons.
  - B) Carga elétrica positiva se receber prótons. Carga elétrica negativa se receber elétrons.
  - C) Carga elétrica positiva se perder elétrons. Carga elétrica negativa se perder prótons.
  - D) Carga elétrica positiva se receber prótons e nêutrons. Carga elétrica negativa se receber elétrons e nêutrons.
- 7) Tomando por base a carga elétrica positiva dos prótons e negativas dos elétrons ...
- A) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se atraem. Elétrons se repelem.
  - B) Prótons e elétrons se repelem. Prótons se atraem. Elétrons se atraem.
  - C) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se repelem. Elétrons se atraem.
  - D) Prótons e elétrons se atraem. Prótons se repelem. Elétrons se repelem.
- 8) O que são condutores? O que são isolantes?
- A) Condutor é o material através do qual os prótons podem mover-se com facilidade. Isolante é o material através do qual os prótons se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.
  - B) Condutor é o material através do qual os elétrons livres podem mover-se com facilidade. Isolante é o material através do qual os elétrons livres se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.
  - C) Condutor é o material através do qual os nêutrons podem mover--se com facilidade. Isolante é o material através do qual os nêutrons se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.
  - D) Isolante é o material através do qual os elétrons livres podem mover--se com facilidade. Condutor é o material através do qual os elétrons livres se movimentam com muita dificuldade ou não o fazem.
- 9) A eletrização por contato ocorre com dois corpos ocorre ...
- A) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de prótons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.
  - B) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de elétrons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.
  - C) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente carregado, a passagem de nêutrons desse corpo para outro, eletricamente neutro, pode ocorrer espontaneamente.
  - D) Se um dos corpos em contato estiver eletricamente neutro, a passagem de elétrons desse corpo para outro, eletricamente carregado, pode ocorrer espontaneamente.
- 10) Na eletrização por indução temos dois elementos: indutor e induzido. Eles são, respectivamente:
- A) O corpo eletrizado é o indutor e o condutor que sofreu o processo de separação de cargas é o induzido.
  - B) O corpo eletrizado é o induzido e o condutor que sofreu o processo de separação de cargas é o indutor .
  - C) O corpo neutro é o indutor e o condutor eletrizado é o induzido.
  - D) O corpo eletrizado é o induzido e o condutor neutro é o indutor.

Agradeço a sua colaboração!

## APÊNDICE G

**QUESTIONÁRIO DE FLOW**  
(Flow State Scale 2)

Por favor, responda as seguintes perguntas em relação à sua experiência no evento ou atividade que você acabou de concluir. Essas questões referem-se aos pensamentos e sentimentos que você experimentou ao participar. Não há resposta certa ou errada. Pense em como você se sentiu durante o evento/atividade e responda as perguntas usando a escala de classificação abaixo. Para cada pergunta, circule o número que melhor combina com a sua experiência.

**Escala de Classificação**

Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
1	2	3	4	5

Por favor circule as respostas.

Durante o evento:

1. Eu fui desafiado, mas acreditei em minhas habilidades. Permitiu que eu enfrentasse o desafio.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Eu fiz os movimentos corretos sem pensar em tentar fazê-los.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Eu sabia claramente o que eu queria fazer.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Foi muito claro para mim que eu estava avançando.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Minha atenção foi focada inteiramente no que estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Eu tive uma sensação de controle sobre o que estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Eu não estava interessado com o que outros podem ter pensado de mim.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8. O tempo parecia alterado (desacelerou ou acelerou).

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9. Eu realmente aproveitei a experiência.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10. Minhas habilidades correspondiam ao alto desafio da situação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Durante o evento:

11. As coisas pareciam estar acontecendo automaticamente.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

12. Eu tinha um forte senso do que eu queria fazer.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

13. Eu estava ciente de quão bem eu estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

14. Não foi nenhum esforço manter minha mente no que estava acontecendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

15. Eu senti como se eu pudesse controlar o que estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

16. Eu não estava preocupado com o fato de os outros terem me avaliado.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

17. A forma como o tempo passou parecia ser diferente do normal.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

18. Eu adorei o sentimento do desempenho e quero experimentá-lo novamente.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

19. Eu senti que era competente o suficiente para atender às altas exigências da situação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

20. Eu fiz automaticamente, sem pensar demais.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

21. Eu sabia o que queria alcançar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

22. Eu tive uma boa ideia sobre o quão bem eu estava indo enquanto eu estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

23. Eu tinha uma concentração total.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

24. Eu tive uma sensação de controle total.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

25. Eu não estava preocupado com a forma como me apresentava.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Durante o evento:

26. Eu senti que o tempo passou rapidamente.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

27. A experiência me deixou bem.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

28. O desafio e minhas habilidades estavam em um nível igualmente alto.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

29. Eu fiz coisas de forma espontânea e automática sem ter que pensar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

30. Meus objetivos foram claramente definidos.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

31. Eu poderia dizer, pelo jeito que eu estava indo o quão bem eu estava fazendo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

32. Eu fiquei completamente concentrado na tarefa em questão.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

33. Eu me senti no controle total do meu corpo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

34. Eu não estava preocupado com o que outros podem ter pensado de mim.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

35. Eu perdi minha consciência normal do tempo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

36. Eu achei a experiência extremamente gratificante.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## APÊNDICE H

## AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO EDUCACIONAL VIRTUAL

Seu avatar no OpenSim foi : \_\_\_\_\_

Por favor preencha as questões abaixo:

1) A informação que recebi antes de usar o ambiente foi suficiente para que eu conseguisse realizar todas as atividades no Mundo Virtual?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

2) No mundo virtual, as indicações das tarefas estavam claras?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

3) No mundo virtual, havia *feedback* para as tarefas realizadas?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

4) Os experimentos, como o de Atração e Repulsão, possuíam informações suficientes para sua correta execução?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

5) Os objetos presentes nos experimentos, como o de Atração e Repulsão, eram de fácil operação?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

6) Iniciando os experimentos, como o de Atração e Repulsão, os objetos executavam o que se esperava deles?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

7) Ao terminar sua execução, como a de Atração e Repulsão, os experimentos “como um todo” realizaram o que se esperava deles?

Discordo fortemente     Discordo     Não concordo nem discordo     Concordo     Concordo fortemente

8) Qual a sua avaliação do mundo virtual apresentado aqui?

Péssimo     Ruim     Regular     Bom     Ótimo

9) Quanto você gostou de usar o mundo virtual?

Achei ruim     Não gostei     Indiferente     Gostei     Gostei muito

10) Quanto a utilização do mundo virtual 3D foi divertida?

Muito chata     Chata     Indiferente     Divertida     Muito divertida

Cite os 3 experimento que você mais gostou:

\_\_\_\_\_  
 Faça uma avaliação do ambiente disponibilizado no OpenSim. Todas as sugestões, críticas, observações e recomendações são bem vindas!

\_\_\_\_\_  
 Obrigado pela sua participação!



## APÊNDICE J

### Percurso do aluno24 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pont.	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	19:32:47	00:00:26	-00:00:05	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	19:33:13	00:03:58	00:02:20	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:02:12	00:00:37
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	19:37:11	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	19:37:16	00:00:03	-00:00:03	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	19:37:19	00:00:31	00:00:00	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:37:50	00:01:00	00:00:29	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:38:50	00:04:13	00:02:10	Pre teste do Atomo	Sim	2,79	00:03:16	00:01:16
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Nao	-	-	-	Objeto estatico – imagem do Atomo	Nao	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	19:43:03	00:00:03	-00:04:45	Video do atomo	Nao	-	-	-
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	19:43:06	00:00:03	-00:02:00	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Nao	-	-	-
405000	Quiz do Atomo	Sim	19:43:09	00:03:17	00:01:14	Quiz do Atomo	Sim	2,10	00:01:19	-00:00:41
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	19:46:26	00:00:03	-00:01:00	Página WWW - Modelos atomicos	Nao	-	-	-
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	19:46:29	00:00:04	-00:00:59	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Nao	-	-	-
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	19:46:33	00:00:25	-00:03:43	Video do Modelo Atomico de Bohr	Nao	-	-	-
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	19:46:58	00:03:06	00:00:03	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,58	00:02:43	-00:00:17
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacão	Nao	-	-	-
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	19:50:04	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Nao	-	-	-
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	19:50:01	00:00:05	-00:00:58	Apresentacao Condutores e Isolantes	Nao	-	-	-
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	19:50:06	00:03:34	00:00:31	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,64	00:03:26	00:00:26
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	19:53:40	00:00:02	-00:00:31	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Nao	-	-	-
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	19:53:42	00:00:02	-00:00:31	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Nao	-	-	-
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	19:53:44	00:00:01	-00:00:32	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Nao	-	-	-
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	19:53:45	00:00:01	-00:00:32	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Nao	-	-	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	19:53:46	00:00:17	-00:00:01	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Nao	-	-	-
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	19:54:03	00:00:06	00:00:03	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	19:54:09	00:01:08	00:00:05	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Nao	-	-	-
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao–Condutores–Terra	Sim	19:55:17	00:00:10	00:00:07	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Nao	-	-	-
603000	Laboratorio Eletrizacao–Condutores-Terra	Sim	19:55:27	00:01:31	00:00:28	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Nao	-	-	-
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Nao	-	-	-
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	19:56:58	00:03:13	00:00:10	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	2,19	00:03:08	00:00:08
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	20:00:11	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	20:00:16	00:00:05	-00:00:28	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Nao	-	-	-
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Nao	-	-	-
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	20:00:21	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	20:00:24	00:00:08	-00:00:55	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	0,00	00:00:03	-00:00:57
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	20:00:32	00:02:41	-00:00:22	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,98	00:02:34	-00:00:26
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	20:03:13	00:00:41	00:00:08	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:38	00:00:08
-	Tempo de Permanência	-	-	00:31:13	-00:19:26	Pontuação - Tempo de Permanência	-	17,28	00:19:19	-00:20:36
-	Sensores Acionados	33	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	9	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	19	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	28	0	60,00	PADRÃO



## APÊNDICE K

## Percurso do aluno69 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:51	00:08:47	00:08:16	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:25:38	00:04:03	00:02:25	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:01:55	00:00:20
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:29:41	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:29:46	00:00:15	00:00:09	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:30:01	00:01:16	00:00:45	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Sim	08:31:17	00:00:03	-00:00:03	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:31:20	00:00:18	-00:00:13	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:31:38	00:08:17	00:06:14	Pre teste do Atomo	Sim	1,80	00:01:58	-00:00:02
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	08:39:55	00:00:07	-00:00:08	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:40:02	00:01:03	00:00:48	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:41:05	00:00:48	00:00:33	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:41:53	00:05:13	00:00:25	Video do atomo	Sim	2,00	00:05:01	00:00:16
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:47:06	00:05:30	00:03:27	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:05:23	00:03:23
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:52:36	00:03:29	00:01:26	Quiz do Atomo	Sim	1,68	00:02:04	00:00:04
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:56:05	00:07:01	00:05:58	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:01	00:00:01
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Nao	-	-	-	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Nao	-	-	-
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	09:03:06	00:04:35	00:00:27	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	2,00	00:04:30	00:00:25
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	09:07:41	00:04:48	00:01:45	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	1,98	00:01:43	-00:01:17
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	09:12:29	00:02:15	00:01:12	Apresentacao Eletrizacao	Sim	2,00	00:01:08	00:00:08
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	09:14:44	00:04:22	00:03:19	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	2,00	00:01:05	00:00:05
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	09:19:06	00:00:04	-00:00:59	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	2,00	00:01:19	00:00:19
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	09:19:10	00:03:35	00:00:32	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	1,50	00:01:58	-00:01:02
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	09:22:45	00:00:56	00:00:23	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	1,00	00:00:13	-00:00:17
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	09:23:41	00:00:48	00:00:15	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	1,00	00:00:14	-00:00:16
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	09:24:29	00:00:51	00:00:18	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	1,00	00:00:13	-00:00:17
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	09:25:20	00:00:06	-00:00:27	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	00:00:03	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	09:25:26	00:05:09	00:04:51	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	2,00	00:05:04	00:04:49
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	09:30:35	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	09:30:38	00:02:11	00:01:08	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	2,00	00:02:06	00:01:06
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao-Condutores-Terra	Sim	09:32:49	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacao-Condutores - Terra	Sim	09:32:52	00:00:54	-00:00:09	Apresentacao Eletrizacao-Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:51	-00:00:09
603000	Laboratorio Eletrizacao-Condutores-Terra	Sim	09:33:46	00:00:31	-00:00:32	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:28	-00:00:32
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:34:17	00:02:13	00:01:10	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Sim	2,00	00:02:10	00:01:10
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	09:36:30	00:01:15	-00:01:48	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	1,98	00:01:10	-00:01:50
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:37:45	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	09:37:48	00:00:22	-00:00:11	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	1,00	00:00:22	-00:00:08
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	09:38:10	00:00:43	00:00:10	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:43	00:00:13
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacao para 3º Andar	Sim	09:38:53	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	09:38:56	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	09:38:59	00:00:07	-00:00:56	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	1,00	00:00:33	-00:00:27
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:39:06	00:00:33	-00:02:30	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,20	00:00:36	-00:02:24
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:39:39	00:00:43	00:00:10	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:38	00:00:08
-	Tempo de Permanência	-	-	01:23:31	00:32:52	Pontuação - Tempo de Permanência	-	41,14	00:44:29	00:04:34
-	Sensores Acionados	41	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	29	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	11	0	-	PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	8	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE L

## Percurso do aluno68 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:49	00:07:10	00:06:39	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:23:59	00:04:45	00:03:07	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:04:22	00:02:47
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Sim	08:28:44	00:00:57	00:00:26	Ajuda inicial tele transporte	Sim	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:29:41	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:29:45	00:00:24	00:00:18	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:30:09	00:01:07	00:00:36	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Sim	08:31:16	00:00:23	00:00:17	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Sim	08:31:39	00:00:02	-00:00:04	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:31:41	00:00:05	-00:00:26	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:31:46	00:08:52	00:06:49	Pre teste do Atomo	Sim	2,40	00:02:55	00:00:55
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	08:40:38	00:00:09	-00:00:06	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:40:47	00:00:21	00:00:06	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:41:08	00:00:30	00:00:15	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:41:38	00:05:48	00:01:00	Video do atomo	Sim	2,00	00:05:43	00:00:58
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:49:40	00:05:05	00:03:02	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:05:00	00:03:00
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:47:26	00:02:14	00:00:11	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:02:07	00:00:07
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:54:45	00:01:17	00:00:14	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:13	00:00:13
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:56:02	00:01:12	00:00:09	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:06	00:00:06
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:57:14	00:04:03	-00:00:05	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1,00	00:03:59	-00:00:06
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	09:01:17	00:02:58	-00:00:05	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,40	00:02:51	-00:00:09
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	09:04:15	00:01:51	00:00:48	Apresentacao Eletrizacão	Sim	2,00	00:01:47	00:00:47
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	09:06:06	00:00:41	-00:00:22	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	1,00	00:00:37	-00:00:23
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	09:06:47	00:00:43	-00:00:20	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	1,00	00:00:39	-00:00:21
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	09:07:30	00:03:37	00:00:34	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,31	00:03:30	00:00:30
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	09:11:07	00:00:07	-00:00:26	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Nao	-	-	-
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	09:11:14	00:00:04	-00:00:29	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Nao	-	-	-
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	09:11:18	00:00:12	-00:00:21	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Nao	-	-	-
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	09:11:30	00:00:06	-00:00:27	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Nao	-	-	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	09:11:36	00:00:12	-00:00:06	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Nao	-	-	-
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	09:11:48	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	09:11:52	00:02:09	00:01:06	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	2,00	00:02:03	00:01:03
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao–Condutores–Terra	Sim	09:14:01	00:00:02	-00:00:01	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	09:14:03	00:01:37	00:00:34	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:31	00:00:31
603000	Laboratorio Eletrizacão–Condutores–Terra	Sim	09:15:40	00:01:46	00:00:43	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:01:40	00:00:40
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:17:26	00:01:08	00:00:05	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Sim	1,00	00:01:02	00:00:02
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	09:18:34	00:02:41	-00:00:22	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	2,79	00:02:35	-00:00:25
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:21:15	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	09:21:20	00:01:30	00:00:57	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	2,00	00:01:24	00:00:54
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	09:22:50	00:01:19	00:00:46	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	2,00	00:01:13	00:00:43
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	09:24:09	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	09:24:13	00:00:02	-00:00:01	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao–Terra	Sim	09:24:15	00:01:08	00:00:05	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	1,00	00:01:02	00:00:02
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:25:23	00:03:10	00:00:07	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,98	00:02:54	-00:00:06
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:28:33	00:01:23	00:00:50	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:01:17	00:00:47
-	Tempo de Permanência	-	-	01:13:07	00:22:28	Pontuação - Tempo de Permanência	-	41,88	00:52:30	00:12:35
-	Sensores Acionados	44	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	26	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	8	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	11	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE M

## Percurso do aluno53 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	19:32:48	00:00:23	-00:00:08	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	19:33:11	00:02:14	00:00:36	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:01:44	00:00:09
103000	Ajuda para o ambiente	Sim	19:35:25	00:00:09	-00:00:22	Ajuda para o ambiente	Sim	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Sim	19:35:34	00:00:22	-00:00:09	Ajuda Trekkie Padd	Sim	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Sim	19:35:56	00:00:27	-00:00:04	Ajuda inicial Tutora Atena	Sim	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	19:36:23	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	19:36:27	00:00:12	00:00:06	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	19:36:39	00:00:21	-00:00:10	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:37:00	00:00:06	-00:00:25	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:37:06	00:05:24	00:03:21	Pre teste do Atomo	Sim	2,40	00:01:38	-00:00:22
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	19:42:30	00:00:02	-00:00:13	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Nao	-	-	-	Objeto estatico – imagem do Atomo	Nao	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	19:42:32	00:00:21	-00:04:27	Video do atomo	Sim	1,00	00:00:14	-00:04:31
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	19:42:53	00:00:21	-00:01:42	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Nao	-	-	-
405000	Quiz do Atomo	Sim	19:43:14	00:01:36	-00:00:27	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:01:31	-00:00:29
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	19:44:50	00:01:24	00:00:21	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:21	00:00:21
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	19:46:14	00:01:07	00:00:04	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:03	00:00:03
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Nao	-	-	-	Video do Modelo Atomico de Bohr	Nao	-	-	-
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	19:47:21	00:01:17	-00:01:46	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	0,78	00:01:13	-00:01:47
411000	Apresentacao da Eletizacao	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletizacao	Nao	-	-	-
412000	Apresentacao da Serie Tribo Eletrica	Nao	-	-	-	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Nao	-	-	-
413000	Apresentacao de Condutores e Isolantes	Sim	19:48:38	00:01:09	00:00:06	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	1,00	00:01:06	00:00:06
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	19:49:47	00:04:18	00:01:15	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,82	00:04:15	00:01:15
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	19:54:05	00:01:58	00:01:25	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	2,00	00:01:55	00:01:25
501001	Eletizacao em materiais condutores	Sim	19:56:03	00:01:28	00:00:55	Laboratorio Eletizacao em materiais condutores	Sim	2,00	00:01:25	00:00:55
502000	Eletizacao em materiais isolantes	Sim	19:57:31	00:01:21	00:00:48	Laboratorio Eletizacao em materiais isolantes	Sim	2,00	00:01:18	00:00:48
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	19:58:52	00:00:03	-00:00:30	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	-	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	19:58:55	00:00:50	00:00:32	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	2,00	00:00:47	00:00:32
504000	Tele transporte do Lab. Eletizacao para 2º Andar	Sim	19:59:45	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletizacao	Sim	19:59:48	00:00:05	-00:00:58	Apresentacao Revisao da Eletizacao	Nao	-	-	-
602000	Entrada do Laboratorio de Eletizacao-Condutores-Terra	Sim	19:59:53	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletizacao – Condutores - Terra	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletizacao – Condutores - Terra	Nao	-	-	-
603000	Laboratorio Eletizacao-Condutores-Terra	Sim	19:59:56	00:00:21	-00:00:42	Laboratorio Eletizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:17	-00:00:43
604000	Apresentacao Eletizacao por contato e por inducao	Sim	20:00:17	00:00:22	-00:00:41	Apresentacao Eletizacao por contato e por inducao	Nao	-	-	-
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	20:00:39	00:03:05	00:00:02	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	1,98	00:03:00	00:00:00
605000	Entrada do Lab. Eletizacao por contato e por inducao	Sim	20:03:44	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletizacao por contato	Sim	20:03:47	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletizacao por Contato	Nao	-	-	-
607000	Laboratorio de Eletizacao por inducao	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletizacao por Inducao	Nao	-	-	-
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletizacao para 3º Andar	Sim	20:03:50	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	20:03:53	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletizacao por Inducao-Terra	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletizacao por Inducao - Terra	Nao	-	-	-
703000	Quiz Eletizacao por contato e por inducao	Sim	20:03:56	00:01:09	-00:01:54	Quiz eletizacao por contato e por inducao	Sim	2,19	00:01:06	-00:01:54
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	20:05:05	00:00:46	00:00:13	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:43	00:00:13
-	Tempo de Permanência	-	-	00:33:03	-00:17:36	Pontuação - Tempo de Permanência	-	31,17	00:24:36	-00:15:19
-	Sensores Acionados	36	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	21	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	16	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	16	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE N

## Percurso do aluno43 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:52	00:07:07	00:06:36	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:23:59	00:05:03	00:03:25	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:03:06	00:01:31
103000	Ajuda para o ambiente	Sim	08:29:02	00:00:14	-00:00:17	Ajuda para o ambiente	Sim	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Sim	08:29:16	00:00:18	-00:00:13	Ajuda Trekkie Padd	Sim	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Sim	08:29:34	00:00:13	-00:00:18	Ajuda objeto www	Sim	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Sim	08:29:47	00:00:08	-00:00:23	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Sim	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Sim	08:29:55	00:00:19	-00:00:12	Ajuda inicial Tutora Atena	Sim	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Sim	08:30:14	00:00:05	-00:00:26	Ajuda inicial tele transporte	Sim	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:30:19	00:00:39	00:00:36	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:30:58	00:01:06	00:01:00	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Sim	08:32:04	00:02:45	00:02:42	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Sim	08:34:49	00:00:06	00:00:00	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:34:55	00:00:30	-00:00:01	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:35:25	00:03:00	00:00:57	Pre teste do Atomo	Sim	3,00	00:01:07	-00:00:53
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:38:25	00:00:06	-00:00:09	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:38:31	00:00:06	-00:00:09	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:38:37	00:03:16	-00:01:32	Video do atomo	Sim	1,00	00:03:13	-00:01:32
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:43:32	00:03:01	00:00:58	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:02:56	00:00:56
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:41:53	00:01:39	-00:00:24	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:01:09	-00:00:51
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:46:33	00:01:05	00:00:02	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:02	00:00:02
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:47:38	00:01:13	00:00:10	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:10	00:00:10
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:48:51	00:01:57	-00:02:11	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1,00	00:01:54	-00:02:11
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	08:50:48	00:02:02	-00:01:01	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,79	00:01:59	-00:01:01
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	08:52:50	00:01:40	00:00:37	Apresentacao Eletrizacão	Sim	2,00	00:01:37	00:00:37
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	08:54:30	00:01:14	00:00:11	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	2,00	00:01:11	00:00:11
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	08:55:44	00:01:17	00:00:14	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	2,00	00:01:14	00:00:14
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	08:57:01	00:02:37	-00:00:26	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,31	00:02:24	-00:00:36
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	08:59:38	00:00:16	-00:00:17	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	1,00	00:00:13	-00:00:17
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	08:59:54	00:00:23	-00:00:10	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	2,00	00:00:20	-00:00:10
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	09:00:17	00:00:18	-00:00:15	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	2,00	00:00:15	-00:00:15
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	09:00:35	00:00:03	-00:00:30	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	-	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	09:00:38	00:00:42	00:00:24	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	2,00	00:00:39	00:00:24
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	09:01:20	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	09:01:23	00:01:31	00:00:28	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	2,00	00:01:28	00:00:28
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacão–Condutores–Terra	Sim	09:02:54	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	09:02:57	00:01:34	00:00:31	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:30	00:00:30
603000	Laboratorio Eletrizacão–Condutores-Terra	Sim	09:04:31	00:00:16	-00:00:47	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:12	-00:00:48
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:04:47	00:00:30	-00:00:33	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,00	00:00:27	-00:00:33
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	09:05:17	00:01:30	-00:01:33	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	2,79	00:01:27	-00:01:33
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:06:47	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	09:06:50	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Nao	-	-	-
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	09:06:53	00:00:39	00:00:06	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:36	00:00:06
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	09:07:32	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	09:07:35	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	09:07:38	00:00:40	-00:00:23	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	1,00	00:00:37	-00:00:23
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:08:18	00:01:38	-00:01:25	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,59	00:01:35	-00:01:25
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:09:56	00:02:13	00:01:40	Consulta de desempenho	Sim	0,50	00:00:28	-00:00:02
-	Tempo de Permanência	-	-	00:55:17	00:04:38	Pontuação - Tempo de Permanência	-	46,98	00:33:49	-00:06:06
-	Sensores Acionados	47	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	35	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	5	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	2	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE O

## Percurso do aluno49 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	19:33:17	00:00:15	-00:00:16	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	19:33:32	00:02:33	00:00:55	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:02:30	00:00:55
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	19:36:05	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	19:36:08	00:00:02	-00:00:04	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	19:36:10	00:00:03	-00:00:28	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:36:13	00:00:04	-00:00:27	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	19:36:17	00:06:37	00:04:34	Pre teste do Atomo	Sim	2,40	00:06:30	00:04:30
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	19:42:54	00:00:06	-00:00:09	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	19:43:00	00:00:03	-00:00:12	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	19:43:03	00:00:04	-00:00:11	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	19:43:07	00:00:23	-00:04:25	Video do atomo	Sim	1,00	00:00:20	-00:04:25
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	19:43:30	00:00:03	-00:02:00	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Nao	-	-	-
405000	Quiz do Atomo	Sim	19:43:33	00:03:17	00:01:14	Quiz do Atomo	Sim	2,25	00:03:10	00:01:10
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	19:46:50	00:01:45	00:00:42	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:42	00:00:42
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	19:48:35	00:01:51	00:00:48	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:46	00:00:46
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	19:50:26	00:00:04	-00:04:04	Video do Modelo Atomico de Bohr	Nao	-	-	-
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	19:50:30	00:04:51	00:01:48	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	1,38	00:04:48	00:01:48
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	19:55:21	00:01:22	00:00:19	Apresentacao Eletrizacao	Sim	2,00	00:01:19	00:00:19
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	19:56:43	00:01:13	00:00:10	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	2,00	00:01:13	00:00:13
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	19:57:56	00:00:10	-00:00:53	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	1,00	00:00:08	-00:00:52
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	19:58:06	00:03:57	00:00:54	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	1,83	00:03:54	00:00:54
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	20:02:03	00:00:11	-00:00:22	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	1,00	00:00:11	-00:00:19
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	20:02:14	00:00:27	-00:00:06	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	2,00	00:00:27	-00:00:03
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	20:02:41	00:00:19	-00:00:14	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	2,00	00:00:19	-00:00:11
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	20:03:00	00:00:06	-00:00:27	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	00:00:06	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	20:03:06	00:00:26	00:00:08	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	1,00	00:00:24	00:00:09
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	20:03:32	00:00:02	-00:00:01	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	20:03:34	00:03:30	00:02:27	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	2,00	00:03:28	00:02:28
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao-Condutores-Terra	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacao – Condutores - Terra	Nao	20:07:04	00:01:22	00:00:19	Apresentacao Eletrizacao – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:19	00:00:19
603000	Laboratorio Eletrizacao-Condutores-Terra	Sim	20:08:26	00:00:18	-00:00:45	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:15	-00:00:45
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	20:08:44	00:00:07	-00:00:56	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Sim	0,00	00:00:04	-00:00:56
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	20:08:51	00:03:50	00:00:47	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	1,59	00:03:47	00:00:47
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	20:12:41	00:00:03	-00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	20:12:44	00:01:51	00:01:18	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	2,00	00:01:49	00:01:19
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	20:14:35	00:00:37	00:00:04	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:35	00:00:05
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacao para 3º Andar	Sim	20:15:12	00:00:03	-00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	20:15:15	00:00:02	-00:00:01	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Nao	-	-	-
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	20:15:17	00:01:11	-00:01:52	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,20	00:01:08	-00:01:52
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	20:16:28	00:00:44	00:00:11	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:42	00:00:12
-	Tempo de Permanência	-	-	00:43:55	-00:06:44	Pontuação - Tempo de Permanência	-	37,65	00:41:54	00:01:59
-	Sensores Acionados	38	52	00:50:39	-	Aluno Atividades realizadas	27	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	14	0	-	PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	10	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE P

## Percurso do aluno62 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:40	00:07:02	00:06:31	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:23:42	00:04:34	00:02:56	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:03:01	00:01:26
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:28:16	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:28:19	00:00:24	00:00:18	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:28:43	00:00:29	-00:00:02	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:12	00:00:01	-00:00:30	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:13	00:01:58	-00:00:05	Pre teste do Atomo	Sim	2,58	00:01:53	-00:00:07
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:31:11	00:00:05	-00:00:10	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Nao	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:31:16	00:02:22	-00:00:26	Video do atomo	Sim	1,00	00:02:17	-00:02:28
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:33:38	00:10:16	00:08:13	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:10:06	00:08:06
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:43:54	00:02:01	-00:00:02	Quiz do Atomo	Sim	2,25	00:01:56	-00:00:04
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:45:55	00:00:05	-00:00:58	Página WWW - Modelos atomicos	Nao	-	-	-
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:46:00	00:00:05	-00:00:58	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Nao	-	-	-
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:46:05	00:00:50	-00:00:18	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1,00	00:00:45	-00:00:20
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	08:46:55	00:01:11	-00:01:52	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	1,38	00:01:06	-00:01:54
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	08:48:06	00:00:38	-00:00:25	Apresentacao Eletrizacao	Sim	1,00	00:00:33	-00:00:27
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	08:48:44	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Nao	-	-	-
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	08:48:47	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Condutores e Isolantes	Nao	-	-	-
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	08:48:50	00:01:10	-00:01:53	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,16	00:01:05	-00:01:55
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	08:50:00	00:00:36	00:00:03	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	2,00	00:00:31	00:00:01
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	08:50:36	00:00:07	-00:00:26	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	0,00	00:00:02	-00:00:28
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	08:50:43	00:00:07	-00:00:26	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	0,00	00:00:02	-00:00:28
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	08:50:50	00:00:03	-00:00:30	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	-	-00:00:30
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	08:50:53	00:00:21	00:00:03	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	1,00	00:00:16	00:00:01
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	08:51:14	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	08:51:17	00:00:54	-00:00:09	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	1,00	00:00:49	-00:00:11
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao-Condutores-Terra	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacao – Condutores - Terra	Sim	08:52:11	00:01:41	00:00:38	Apresentacao Eletrizacao – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:36	00:00:36
603000	Laboratorio Eletrizacao-Condutores-Terra	Sim	08:53:52	00:01:07	00:00:04	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:02	00:00:02
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Nao	-	-	-
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	08:54:59	00:00:43	-00:02:20	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	1,38	00:00:38	-00:02:22
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	08:55:42	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	08:55:47	00:00:28	-00:00:05	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	1,00	00:00:23	-00:00:07
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	08:56:15	00:00:26	-00:00:07	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:21	-00:00:09
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacao para 3º Andar	Sim	08:56:41	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	08:56:46	00:00:05	00:00:02	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	08:56:51	00:00:07	-00:00:56	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	1,00	00:00:02	-00:00:58
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	08:56:58	00:00:38	-00:02:25	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,80	00:00:33	-00:02:27
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	08:57:36	00:00:34	00:00:01	Consulta de desempenho	Sim	0,50	00:00:29	-00:00:01
-	Tempo de Permanência	-	-	00:41:30	-00:09:09	Pontuação - Tempo de Permanência	-	30,05	00:29:26	-00:10:29
-	Sensores Acionados	37	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	24	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	15	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	13	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE Q

## Percurso do aluno44 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:57	00:07:17	00:06:46	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:24:14	00:04:22	00:02:44	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:04:17	00:02:42
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:28:36	00:00:23	00:00:20	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:28:59	00:00:24	00:00:18	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:29:23	00:00:05	-00:00:26	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Sim	08:29:28	00:00:05	-00:00:01	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:33	00:00:15	-00:00:16	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:48	00:02:49	00:00:46	Pre teste do Atomo	Sim	3,00	00:02:39	00:00:39
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:32:37	00:00:32	00:00:17	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:33:09	00:00:55	00:00:40	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:34:04	00:03:46	-00:01:02	Video do atomo	Sim	1,00	00:03:34	-00:01:11
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:37:50	00:02:41	00:00:38	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:02:25	00:00:25
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:40:31	00:03:09	00:01:06	Quiz do Atomo	Sim	2,85	00:02:58	00:00:58
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:43:40	00:00:40	-00:00:23	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	1,00	00:00:32	-00:00:28
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:44:20	00:01:15	00:00:12	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:02	00:00:02
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:45:35	00:00:03	-00:04:05	Video do Modelo Atomico de Bohr	Nao	-	-	-
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	08:45:38	00:04:39	00:01:36	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	1,59	00:04:17	00:01:17
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	08:50:17	00:01:32	00:00:29	Apresentacao Eletrizacão	Sim	2,00	00:01:15	00:00:15
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	08:51:49	00:01:48	00:00:45	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	2,00	00:01:25	00:00:25
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	08:53:37	00:00:15	-00:00:48	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	1,00	00:00:12	-00:00:48
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	08:53:52	00:06:20	00:03:17	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,16	00:06:11	00:03:11
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	09:00:12	00:00:56	00:00:23	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	2,00	00:00:53	00:00:23
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	09:01:08	00:00:43	00:00:10	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	0,00	00:00:40	00:00:10
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	09:01:51	00:00:48	00:00:15	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	0,00	00:00:45	00:00:15
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	09:02:39	00:00:36	00:00:03	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	00:00:33	00:00:03
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	09:03:15	00:00:45	00:00:27	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	2,00	00:00:42	00:00:27
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	09:04:00	00:00:13	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	09:04:03	00:00:13	-00:00:50	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	1,00	00:00:10	-00:00:50
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacao-Condutores-Terra	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	09:04:16	00:01:15	00:00:12	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:12	00:00:12
603000	Laboratorio Eletrizacão-Condutores-Terra	Sim	09:05:31	00:01:02	-00:00:01	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	1,00	00:00:59	-00:00:01
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:06:33	00:05:01	00:03:58	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Sim	2,00	00:04:58	00:03:58
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	09:11:34	00:02:02	-00:01:01	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	1,80	00:01:59	-00:01:01
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:13:36	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	09:13:39	00:01:05	00:00:32	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	2,00	00:01:02	00:00:32
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	09:14:44	00:00:31	-00:00:02	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:28	-00:00:02
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	09:15:15	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	09:15:18	00:00:03	-00:01:00	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Nao	-	-	-
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:15:21	00:00:49	-00:02:14	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,38	00:00:46	-00:02:14
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:16:10	00:01:00	00:00:27	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:42	00:00:12
-	Tempo de Permanência	-	-	01:00:13	00:09:34	Pontuação - Tempo de Permanência	-	39,78	00:46:36	00:06:41
-	Sensores Acionados	39	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	28	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	13	0	PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	9	0	60,00	PADRÃO	

## APÊNDICE R

## Percurso do aluno28 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	15:44:23	00:06:12	00:05:41	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	15:50:35	00:02:57	00:01:19	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:02:50	00:01:15
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	15:53:32	00:00:07	00:00:04	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	15:53:39	00:00:03	-00:00:03	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	15:53:42	00:00:05	-00:00:26	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	15:53:47	00:00:06	-00:00:25	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	15:53:53	00:01:50	-00:00:13	Pre teste do Atomo	Sim	3,00	00:01:43	-00:00:17
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	15:55:43	00:00:03	-00:00:12	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	15:55:46	00:00:28	00:00:13	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	15:56:14	00:00:03	-00:00:12	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	15:56:17	00:00:07	-00:00:41	Video do atomo	Sim	1,00	00:02:06	-00:02:39
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	15:56:24	00:04:30	00:02:27	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:04:23	00:02:23
405000	Quiz do Atomo	Sim	16:00:54	00:02:07	00:00:04	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:01:54	-00:00:06
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	16:03:01	00:00:04	-00:00:59	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	0,00	00:00:04	-00:00:56
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	16:03:05	00:00:06	-00:00:57	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	0,00	00:00:06	-00:00:54
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	16:03:11	00:00:08	-00:04:00	Video do Modelo Atomico de Bohr	Nao	-	-	-
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	16:03:19	00:04:27	00:01:24	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,40	00:04:19	00:01:19
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacão	Nao	-	-	-
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	16:07:46	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Nao	-	-	-
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	16:07:49	00:00:22	-00:00:41	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	1,00	00:00:19	-00:00:41
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	16:08:11	00:03:48	00:00:45	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	3,00	00:03:42	00:00:42
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	16:11:59	00:00:19	-00:00:14	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	1,00	00:00:11	-00:00:19
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	16:12:18	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Nao	-	-	-
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	16:12:21	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Nao	-	-	-
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	16:12:24	00:00:03	-00:00:30	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Nao	-	-	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	16:12:27	00:00:03	-00:00:15	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Nao	-	-	-
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	16:12:30	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	16:12:33	00:00:07	-00:00:56	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Nao	-	-	-
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacão-Condutores-Terra	Sim	16:12:40	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Nao	16:12:43	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Nao	-	-	-
603000	Laboratorio Eletrizacão-Condutores-Terra	Sim	16:12:46	00:00:03	-00:01:00	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Nao	-	-	-
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Sim	16:12:49	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Nao	-	-	-
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	16:12:52	00:04:49	00:01:46	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	3,00	00:04:26	00:01:26
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	16:17:41	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	16:17:44	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Nao	-	-	-
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	16:17:47	00:00:05	-00:00:28	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Nao	-	-	-
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	16:17:52	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	16:17:56	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Nao	-	-	-
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	16:18:00	00:02:42	-00:00:21	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,80	00:02:24	-00:00:36
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	16:20:42	00:00:39	00:00:06	Consulta de desempenho	Sim	0,50	00:00:25	-00:00:05
-	Tempo de Permanência	-	-	-	-	Pontuação - Tempo de Permanência	-	23,70	00:28:52	-00:11:03
-	Sensores Acionados	38	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	16	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	14	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	21	0	60,00	PADRÃO



## APÊNDICE S

## Percurso do aluno70 no Laboratório Educacional Virtual

SensorID	Local	Acionado	Hora Acion.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
101000	Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:43	00:07:27	00:06:56	X	X	X	X	X
102000	Video sensibilizacao	Sim	08:24:10	00:03:46	00:02:08	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:03:42	00:02:07
103000	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
104000	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
105000	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
106000	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
107000	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
108000	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
109000	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
111000	Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:27:56	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
201000	Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:28:00	00:00:02	-00:00:04	X	X	X	X	X
202000	Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
203000	Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:28:02	00:00:27	-00:00:04	X	X	X	X	X
204000	Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
205000	Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Sim	08:28:29	00:00:04	-00:00:02	X	X	X	X	X
206000	Escada de entrada do Predio do Atomo	Sim	08:28:33	00:00:18	00:00:12	X	X	X	X	X
301000	Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:28:51	00:00:23	-00:00:08	X	X	X	X	X
302000	Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:14	00:02:24	00:00:21	Pre teste do Atomo	Sim	2,79	00:02:16	00:00:16
303000	Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	08:31:38	00:00:03	-00:00:12	X	X	X	X	X
401000	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:31:41	00:00:26	00:00:11	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	-	-
402000	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:32:07	00:00:03	-00:00:12	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	-	-
403000	Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:32:10	00:00:03	-00:04:45	Video do atomo	Sim	2,00	00:05:06	00:00:21
404000	Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:32:13	00:00:03	-00:02:00	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:02:32	00:00:32
405000	Quiz do Atomo	Sim	08:32:16	00:01:27	-00:00:36	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:01:12	-00:00:48
406000	Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:33:43	00:01:24	00:00:21	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	2,00	00:01:21	00:00:21
407000	Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:35:07	00:01:20	00:00:17	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	2,00	00:01:17	00:00:17
408000	Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:36:27	00:03:58	-00:00:10	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1,00	00:03:55	-00:00:10
409000	Quiz Modelos Atomicos	Sim	08:40:25	00:03:10	00:00:07	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,40	00:02:53	-00:00:07
411000	Apresentacao da Eletrizacao	Sim	08:43:35	00:01:18	00:00:15	Apresentacao Eletrizacão	Sim	2,00	00:01:15	00:00:15
412000	Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	08:44:53	00:01:26	00:00:23	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	2,00	00:01:23	00:00:23
413000	Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	08:46:19	00:00:05	-00:00:58	Apresentacao Condutores e Isolantes	Sim	0,00	00:00:02	-00:00:58
414000	Quiz Isolantes e Condutores	Sim	08:46:24	00:04:35	00:01:32	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	1,47	00:04:29	00:01:29
501000	Laboratorio de Atracao e Repulsao	Sim	08:50:59	00:00:32	-00:00:01	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Sim	1,00	00:00:29	-00:00:01
501001	Eletrizacao em materiais condutores	Sim	08:51:31	00:00:28	-00:00:05	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Sim	1,00	00:00:26	-00:00:04
502000	Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	08:51:59	00:00:31	-00:00:02	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	1,00	00:00:27	-00:00:03
502001	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	08:52:30	00:00:49	00:00:16	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	00:00:49	-
503000	Sentidos da corrente eletrica	Sim	08:53:19	00:01:02	00:00:44	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Sim	2,00	00:00:59	00:00:44
504000	Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	08:54:21	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
601000	Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	08:54:24	00:02:32	00:01:29	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Sim	2,00	00:02:23	00:01:23
602000	Entrada do Laboratorio de Eletrizacão–Condutores–Terra	Sim	08:56:56	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
602001	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	08:56:59	00:01:34	00:00:31	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:31	00:00:31
603000	Laboratorio Eletrizacão–Condutores-Terra	Sim	08:58:33	00:01:33	00:00:30	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:30	00:00:30
604000	Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:00:06	00:08:30	00:00:27	Apresentacao Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	2,00	00:08:27	00:00:27
604001	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	09:08:36	00:02:35	-00:00:28	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	2,58	00:02:21	-00:00:39
605000	Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	09:11:11	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
606000	Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	09:11:14	00:00:20	-00:00:13	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Sim	1,00	00:00:17	-00:00:13
607000	Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Sim	09:11:34	00:00:24	-00:00:09	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Sim	1,00	00:00:21	-00:00:09
608000	Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	09:11:58	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
701000	Entrada do 3º Andar	Sim	09:12:01	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
702000	Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Sim	09:12:05	00:00:56	-00:00:07	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Sim	1,00	00:00:43	-00:00:17
703000	Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	09:13:01	00:02:44	-00:00:19	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	2,19	00:02:01	-00:00:59
704000	Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:15:45	00:01:06	00:00:33	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:33	00:00:03
-	Tempo de Permanência	-	-	-	01:00:08	Pontuação - Tempo de Permanência	-	46,43	00:54:40	00:14:45
-	Sensores Acionados	43	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	30	37	00:39:55	Aluno
-	Sensores NÃO acionados	9	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	7	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE T

## Percurso do aluno66 no Laboratório Educacional Virtual

Local	Acionado	Hora Acao.	Perman.	Diferença	Atividade	Realizada	Pontos	Perman.	Diferença
Posicao inicial na Entrada Principal	Sim	08:16:48	00:10:04	00:09:33	X	X	X	X	X
Video sensibilizacao	Sim	08:26:52	00:02:25	00:00:47	Video sensibilizacao	Sim	2,00	00:02:22	00:00:47
Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-	Ajuda para o ambiente	Nao	-	-	-
Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-	Ajuda Trekkie Padd	Nao	-	-	-
Ajuda objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda objeto www	Nao	-	-	-
Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-	Ajuda barra de ferramentas objeto www	Nao	-	-	-
Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-	Ajuda inicial objeto estatico ou slider	Nao	-	-	-
Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-	Ajuda inicial Tutora Atena	Nao	-	-	-
Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-	Ajuda inicial tele transporte	Nao	-	-	-
Tele transporte da Entrada Principal para Praca Central	Sim	08:29:17	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
Posicionamento inicial na Praca Central	Sim	08:29:20	00:00:05	-00:00:01	X	X	X	X	X
Tele transporte da Praca Central para a Entrada Principal	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
Estrutura octogonal da Praca Central	Sim	08:29:25	00:00:18	-00:00:13	X	X	X	X	X
Quadro de sugestoes de visita apos octogono	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
Escada de saida da Praca Central para Predio do Atomo	Nao	-	-	-	X	X	X	X	X
Escada de entrada do Predio do Atomo	Sim	08:29:43	00:00:03	-00:00:03	X	X	X	X	X
Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:46	00:00:02	-00:00:29	X	X	X	X	X
Quiz do Centro de informacoes do Predio do Atomo	Sim	08:29:48	00:01:53	-00:00:10	Pre teste do Atomo	Sim	2,40	00:01:40	-00:00:20
Entrada do corredor da Apresentacao do Atomo	Sim	08:31:41	00:00:03	-00:00:12	X	X	X	X	X
Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	08:31:44	00:00:08	-00:00:07	Objeto estatico – imagem do Atomo	Sim	-	00:00:05	-
Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	08:31:52	00:00:08	-00:00:07	Objeto estatico – Composicao do Atomo	Sim	-	00:00:05	-
Objeto de video – Video sobre o Atomo	Sim	08:32:00	00:04:54	00:00:06	Video do atomo	Sim	2,00	00:04:47	00:00:02
Laboratorio Virtual PHET - Monte um Atomo	Sim	08:36:54	00:02:52	00:00:49	Laboratorio www - Monte um Atomo - PHET	Sim	2,00	00:02:47	00:00:47
Quiz do Atomo	Sim	08:39:46	00:02:18	00:00:15	Quiz do Atomo	Sim	3,00	00:02:10	00:00:10
Objeto WWW - Modelos atomicos	Sim	08:42:04	00:00:27	-00:00:36	Página WWW - Modelos atomicos	Sim	1,00	00:00:24	-00:00:36
Objeto WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:42:31	00:00:22	-00:00:41	Página WWW - Modelo atomico de Bohr	Sim	1,00	00:00:19	-00:00:41
Objeto de video - Modelo atomico de Bohr	Sim	08:42:53	00:00:03	-00:04:05	Video do Modelo Atomico de Bohr	Sim	1,00	00:01:39	-00:02:26
Quiz Modelos Atomicos	Sim	08:42:56	00:03:28	00:00:25	Quiz dos Modelos Atomicos	Sim	2,19	00:03:15	00:00:15
Apresentacao da Eletrizacao	Sim	08:46:24	00:02:02	00:00:59	Apresentacao Eletrizacão	Sim	2,00	00:01:59	00:00:59
Apresentação da Serie Tribo Eletrica	Sim	08:48:26	00:00:06	-00:00:57	Apresentacao Serie Tribo Eletrica	Sim	0,00	00:00:03	-00:00:57
Apresentação de Condutores e Isolantes	Sim	08:48:32	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Condutores e Isolantes	Nao	-	-	-
Quiz Isolantes e Condutores	Sim	08:48:35	00:03:41	00:00:38	Quiz dos Isolantes e Condutores	Sim	2,31	00:03:26	00:00:26
Laboratório de Atracao e Repulsao	Sim	08:52:16	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Atracao e Repulsao de Particulas	Nao	-	-	-
Eletrizacao em materiais condutores	Sim	08:52:19	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao em materiais condutores	Nao	-	-	-
Eletrizacao em materiais isolantes	Sim	08:52:22	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao em materiais isolantes	Nao	-	-	-
Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	08:52:25	00:00:03	00:00:30	Demo da movimentacao de Eletrons Livres	Sim	-	-	-00:00:30
Sentidos da corrente eletrica	Sim	08:52:28	00:00:03	-00:00:15	Laboratorio Sentido da corrente eletrica	Nao	-	-	-
Tele transporte do Lab. Eletrizacao para 2º Andar	Sim	08:52:31	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
Apresentacao Revisao de Eletrizacao	Sim	08:52:34	00:00:03	-00:01:00	Apresentacao Revisao da Eletrizacao	Nao	-	-	-
Entrada do Laboratorio de Eletrizacão-Condutores-Terra	Sim	08:52:37	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	08:52:40	00:01:58	00:00:55	Apresentacao Eletrizacão – Condutores - Terra	Sim	2,00	00:01:52	00:00:52
Laboratorio Eletrizacão-Condutores-Terra	Sim	08:54:38	00:00:03	-00:01:00	Laboratorio Eletrizacao - Condutores - Terra	Nao	-	-	-
Apresentacao Eletrizacao por contato e por indução	Nao	-	-	-	Apresentacao Eletrizacao por contato e por Inducao	Nao	-	-	-
Quiz condutores Terra e Homem	Sim	08:54:41	00:02:50	-00:00:13	Quiz condutores Terra e Homem	Sim	2,40	00:02:26	-00:00:34
Entrada do Lab. Eletrizacao por contato e por indução	Sim	08:57:31	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
Laboratorio de Eletrizacao por contato	Sim	08:57:34	00:00:03	-00:00:30	Laboratorio Eletrizacao por Contato	Nao	-	-	-
Laboratorio de Eletrizacao por inducao	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletrizacao por Inducao	Nao	-	-	-
Tele transporte do Laboratorio de Eletrizacão para 3º Andar	Sim	08:57:37	00:00:03	00:00:00	X	X	X	X	X
Entrada do 3º Andar	Sim	08:57:40	00:00:04	00:00:01	X	X	X	X	X
Laboratorio Eletrizacao por Inducao-Terra	Nao	-	-	-	Laboratorio Eletrizacao por Inducao - Terra	Nao	-	-	-
Quiz Eletrizacao por contato e por inducao	Sim	08:57:44	00:03:25	00:00:22	Quiz eletrizacao por contato e por inducao	Sim	1,80	00:03:11	00:00:11
Interface Web Verifica desempenho	Sim	09:01:09	00:00:56	00:00:23	Consulta de desempenho	Sim	1,00	00:00:43	00:00:13
Tempo de Permanência	-	-	00:45:17	-00:05:22	Pontuação - Tempo de Permanência	-	28,10	00:33:13	-00:06:42
Sensores Acionados	39	52	00:50:39	Aluno	Atividades realizadas	19	37	00:39:55	Aluno
Sensores NÃO acionados	13	0		PADRÃO	Atividade NÃO realizadas	18	0	60,00	PADRÃO

## APÊNDICE U

Tabulação com dados sobre a quantidade e o desempenho dos testes, escala de Flow, Pré-Teste, Pós-Teste, diferença Pós e Pré testes e pontos na realização das atividades – ordem de Pós-Teste e Flow

Aluno	Qtd Testes	Desemp. Testes	Flow	Pre	Pos	≠	Pontos Atividades
aluno38 avatar38	2	24,67	4,47	10	10	0	9,44
aluno36 avatar36	5	68,83	4,19	10	10	0	15,39
aluno35 avatar35	5	69,33	4,11	10	10	0	16,48
aluno61 avatar61	3	44,33	4,11	9	10	1	17,98
aluno53 avatar53	6	73,17	4,03	9	10	1	31,17
aluno27 avatar27	5	49,17	4,03	7	10	3	26,85
aluno39 avatar39	5	64,67	4,00	8	10	2	19,64
aluno43 avatar43	6	86,00	3,94	10	10	0	46,98
aluno48 avatar48	5	58,83	3,58	6	10	4	34,09
aluno28 avatar28	6	90,00	3,53	10	10	0	23,70
aluno70 avatar70	6	80,17	3,39	8	10	2	46,43
aluno69 avatar69	6	71,00	4,47	6	9	3	41,14
aluno65 avatar65	4	62,17	4,31	8	9	1	26,19
aluno68 avatar68	6	82,67	4,03	8	9	1	41,88
aluno50 avatar50	5	70,33	3,83	8	9	1	19,66
aluno58 avatar58	3	42,00	3,78	9	9	0	11,06
aluno64 avatar64	4	64,33	3,69	9	9	0	26,58
aluno67 avatar67	5	68,50	3,61	8	9	1	19,33
aluno31 avatar31	4	51,33	3,53	9	9	0	26,24
aluno66 avatar66	6	78,33	3,11	5	9	4	28,10
aluno37 avatar37	5	60,33	2,86	10	9	-1	17,86
aluno24 avatar24	6	79,33	4,75	4	8	4	17,28
aluno51 avatar51	4	52,00	3,97	8	8	0	25,36
aluno29 avatar29	3	43,83	3,89	9	8	-1	19,89
aluno44 avatar44	6	56,33	3,67	9	8	-1	39,78
aluno56 avatar56	3	40,67	3,19	10	8	-2	14,32
aluno57 avatar57	2	23,00	3,89	7	7	0	14,14
aluno41 avatar41	4	52,33	3,72	5	7	2	22,42
aluno22 avatar22	5	75,17	3,42	7	7	0	21,53
aluno59 avatar59	2	25,50	3,36	7	7	0	22,59
aluno21 avatar21	5	72,17	3,25	8	7	-1	19,99
aluno45 avatar45	4	46,67	3,25	8	7	-1	20,40
aluno32 avatar32	3	28,83	4,69	7	6	-1	8,69
aluno71 avatar71	1	16,67	4,31	7	6	-1	25,00
aluno46 avatar46	3	29,83	4,06	6	6	0	16,87
aluno62 avatar62	6	64,17	3,83	8	6	-2	30,05
aluno52 avatar52	4	35,33	3,83	5	6	1	26,36
aluno26 avatar26	1	13,33	3,75	5	6	1	9,40
aluno42 avatar42	3	42,67	3,33	7	6	-1	11,68
aluno23 avatar23	5	44,50	2,67	5	6	1	24,51
aluno25 avatar25	1	13,33	3,92	8	5	-3	4,40
aluno33 avatar33	1	10,00	3,78	4	5	1	3,80
aluno72 avatar72	3	41,00	3,58	5	5	0	22,38
aluno54 avatar54	1	14,33	3,58	9	5	-4	24,58
aluno34 avatar34	1	15,50	3,33	7	5	-2	15,79
aluno60 avatar60	5	64,33	2,92	6	5	-1	21,58
aluno49 avatar49	6	59,17	3,92	5	4	-1	37,65
aluno40 avatar40	4	35,33	3,42	5	3	-2	15,36
aluno55 avatar55	2	23,33	2,50	5	2	-3	6,20