

Carlos Roberto França

**O POTENCIAL DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA
NA CONCEPÇÃO DE OBJETO DE VISUALIZAÇÃO PARA
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Educação Científica e Tecnológica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana da Silva

Florianópolis
2019

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

FRANÇA, CARLOS ROBERTO
O POTENCIAL DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA
CONCEPÇÃO DE OBJETO DE VISUALIZAÇÃO PARA
APRENDIZAGEM DE FÍSICA / CARLOS ROBERTO FRANÇA ;
orientadora, Tatiana da Silva, 2019.
240 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e
Tecnológica, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Objeto de
visualização. Momento angular. Ensino de Física.
Realidade Virtual e Aumentada. I. da Silva,
Tatiana. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica. III. Título.

Carlos Roberto França

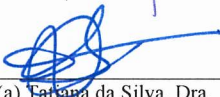
O potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de física


Esta Dissertação/Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor (a)” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica

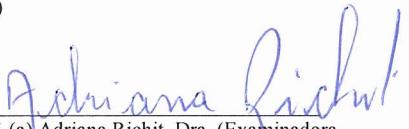
Florianópolis, 20 de maio de 2019.

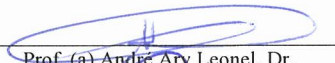

Prof.^a. Dr.^a. Cláudia Regina Flores, Dr.
Coordenadora

Banca Examinadora:

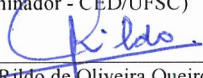

Prof. (a) Yávana da Silva, Dra.
(Orientadora - PPGET/UFSC)


Prof. (a) José André Peres Angotti,
Dr. (Examinador - PPGET/UFSC)


Prof. (a) Adriana Richit, Dra. (Examinadora
Suplente - UFFS/Erechim)


Prof. (a) André Ary Leonel, Dr.
(Examinador - CED/UFSC)

Prof. (a) Everton Miguel da Silva Loreto, Dr.
(Examinador suplente - UFFS/Campus
Chapecó)


Prof. (a) José Rildo de Oliveira Queiroz, Dr.
(Examinador - IF/UFG)

Este trabalho é dedicado aos que fizeram o DINTER acontecer e aos meus queridos pais (In memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, causa primária de todas as coisas, inclusive a minha vida e a de todos que tiverem a oportunidade de ler essa pesquisa de tese. Aos meus pais, Nelson e Geraldina, meus primeiros e efetivos mestres e que este agradecimento possa chegar ao mundo espiritual, onde ambos habitam após cumprirem suas missões aqui no mundo físico.

Agradeço aos professores da UFSC e da UFFS que viabilizaram a realização deste doutorado interinstitucional (dinter), muito especialmente aos professores doutores Iône Slongo (UFFS) e José Pinho (UFSC) pela coordenação e apoio constante aos dinterianos. Agradeço também aos professores doutores José Angotti e André Leonel (pelas aulas e dicas durante o curso e na banca de qualificação), Fábio Perez Gonçalves (pelo apoio constante nas aulas e demais espaços da UFSC e da UFFS), José Custódio e David Costa pela coordenação do PPGECT e a todos docentes e servidores técnicos das duas universidades que tanto nos apoiaram nessa caminhada e aos colegas de turma pelas parcerias, estudos e convivência, nessa importante fase da minha jornada acadêmica.

De modo muito especial, meus eternos e efusivos agradecimentos a Professora Doutora Tatiana da Silva, minha orientadora, que soube conduzir as diversas fases da pesquisa de tese “O Potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de Objeto de Visualização para Aprendizagem de Física”, tendo como produto final além de toda a pesquisa teórica, a materialização do recurso computacional, ferramenta ou *software* educativo intitulado RVA_360-Momento Angular.

Neste ponto, me desculpo pela quebra de protocolo nas notas convencionais de agradecimentos, mas não posso deixar de registrar alguns créditos que foram fundamentais para a criação da ferramenta. Estes agradecimentos/créditos encontram-se na íntegra num módulo da RVA_360, porém imagino que nem todos que folhearem essa pesquisa de tese ou lerem a mesma no formato digital terão a experiência de manuseio e contato direto com o recurso computacional criado. Reconheço e serei eternamente grato aos que me auxiliaram direta e indiretamente.

Em relação aos créditos, agradeço ao Professor Doutor Mauro Copelli por ter cedido seus vídeos conceituais que fazem parte do módulo introdutório da ferramenta e que sem dúvidas são primordiais para o uso imersivo e semi-imersivo da ferramenta, apresentada em detalhes no tutorial da mesma, sendo fundamental para resolver as questões propostas e para o uso da RVA_360 como objeto de visualização científica.

Durante a programação da ferramenta, criação dos avatares, modelagem do cenário e das motocicletas, muitas dicas vieram dos fóruns e cursos com endereços de acesso disponíveis no apêndice 4 desta tese. Alguns desenvolvedores se solidarizaram com a criação da ferramenta educacional RVA_360, pois foi gerada para ser disponibilizada gratuitamente e com isso muitos colaboraram fornecendo “*assets*” customizáveis em *c#* (linguagem *c sharp*) e sem a necessidade de ter que programar do “zero”. Destaco as dicas de Michael Beatty (inclusive me cedeu um modelo de motocicleta para *Cardboard* “Realidade virtual com *smartphone*”, que não foi usado devido as dificuldades técnicas e pouca capacidade de processamento dos celulares), implementado e deixado de lado por enquanto, mas sem dúvidas foi importante durante a concepção da ferramenta e a mudança de rumos.

Uma outra contribuição marcante veio de desenvolvedores que assinavam como “Power” e que permitiram o uso das motocicletas modeladas que aparecem como avatares da ferramenta, bem como a adaptação e acesso ao código fonte das mesmas. Essa ajuda ou apoio ocorreu de forma comercial, pois foram *assets* “ativos, que são componentes e avatares feitos e disponibilizados por programadores ou empresas que desenvolvem jogos” adquiridos na loja da *Unity 3D*. Por permitirem a customização e aceitarem interagir nos fóruns acabou sendo um excelente ponto de partida. Sou muito grato por tudo que aprendi com esses desenvolvedores, pelas dicas de cursos de portais com instrutores indianos, pelo inglês que tive que aprimorar e alguns inclusive propuseram chamadas por *skype* ou outros mecanismos de comunicação em tempo real. São poucos os cursos, fóruns e “*assets*” feitos por brasileiros. A grande maioria é feita por programadores da Índia e do Oriente Médio, bem como, pelos americanos. Independentemente de ser programador experiente ou iniciante, é altamente recomendado a interação nos fóruns, pois sempre existirá alguém que já pensou algo parecido com o que temos em mente. Certamente não encontrei nada feito para ensinar momento angular, mas algumas dicas práticas e até mesmo os avatares customizáveis que auxiliaram bastante. Deixo registrado os créditos pelos modelos das motos e as dicas que me deram na montagem e manuseio das rotinas de programação e efeitos das mesmas. Obrigado “Power Group” - Emirados Árabes.

Finalmente deixo registrado os créditos à plataforma *Unity 3D*, não só pela loja de ativos “*Assets Store*”, mas também pelos inúmeros recursos e *scripts* (código-fonte) que ofertam como ponto de partida. Os méritos são todos dos programadores que conseguem trabalhar com esses ativos e componentes parametrizáveis, mas se a ferramenta não fosse tão

potente, não ofertasse diversos *plugins* para compilarmos para *smartphone*, *tv*, *facebook*, *Oculus Rift*, sistemas operacionais *Windows*, *Mac*, *Linux* e etc, não teríamos tantas possibilidades de criação de ferramentas computacionais imersivas feitas com a Realidade Virtual e Aumentada. Deixo perpetuado meus reconhecimentos e agradecimentos. Obrigado *UNITY 3D!!!*

Para encerrar, com as devidas escusas aos que não se sentiram contemplados, deixo registrado meus sinceros agradecimentos à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela bolsa de estudos que possibilitou o estágio doutoral na UFSC em Florianópolis, bem como pelo apoio financeiro ao corpo docente do programa com vistas aos seus deslocamentos para a cidade de Chapecó (Campus da UFFS), onde as disciplinas e seminários foram ministrados.

O que deu errado, ou seja, os defeitos, não são considerados erros que devem ser evitados como a peste, mas uma parte intrínseca do processo de aprendizagem.
(Seymour Papert, 1980)

RESUMO

Desde o surgimento da internet no Brasil, em meados da década de 90 até os dias atuais, o que se vê são novas ferramentas computacionais e formas de comunicação e interação em todos os meios e camadas sociais. Certamente, os processos que envolvem ensino-aprendizagem foram afetados por esse mar de possibilidades tecnológicas. Neste cenário, a pesquisa apresenta o potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de um objeto de visualização para aprendizagem de Física, com os aportes da Teoria da Carga Cognitiva e da Visualização no ensino de ciências. São disponibilizadas informações. Apresentam-se os referenciais teóricos adotados nesta pesquisa e, finalmente, o processo de criação e concepção de uma ferramenta computacional dedicada e pensada para o ensino da grandeza física momento angular. O recurso digital, RVA_360 – Momento Angular, foi disponibilizado em duas versões de uso da Realidade Virtual e Aumentada. Uma no modo imersivo com o uso da plataforma *Oculus Rift* e a outra no modo semi-imersivo para diversas plataformas computacionais. A pesquisa traz a luz as suas contribuições para o engajamento de novos desenvolvedores e pesquisadores nas áreas de ensino-aprendizagem de Física e na produção de recursos computacionais educacionais. Socializa-se e debate-se as opiniões coletadas na fase de testes e validações da ferramenta, que foram feitas por professores de Física do ensino superior. Finalmente, a pesquisa apresenta as contribuições para os processos de ensino-aprendizagem de momento angular, através de um ambiente imersivo tridimensional que a ferramenta RVA_360 disponibiliza aos usuários.

Palavras-chave: Objeto de visualização. Momento angular. Ensino de Física. Realidade Virtual e Aumentada.

ABSTRACT

Since the emergence of the Internet in Brazil in the mid-90's until the present day, what is seen are new computational tools and forms of communication and interaction in all media and social strata. Of course, the processes involving teaching and learning have been affected by this sea of technological possibilities. In this scenario, the research presents the potential of Virtual and Augmented Reality in the conception of a visualization object for learning of Physics, with the contributions of Cognitive Load Theory and Visualization in science teaching. Information is provided. We present the theoretical references adopted in this research and, finally, the process of creation and conception of a computational tool dedicated and thought for the teaching of physical greatness angular momentum. The digital resource, RVA_360 - Memento Angular, was made available in two versions of Virtual and Augmented Reality. One in the immersive mode using the Oculus Rift platform and the other in the semi-immersive mode for various computing platforms. The research brings to light their contributions to the engagement of new developers and researchers in the areas of teaching-learning physics and in the production of educational computational resources. The opinions collected during the tests and validations phase of the tool are discussed and discussed, which were done by teachers of higher education physics. Finally, the research presents the contributions to the teaching-learning processes of angular momentum, through a three-dimensional immersive environment that the RVA_360 tool makes available to users.

Keywords: Visualization object. Angular momentum. Physics Teaching. Virtual and Augmented Reality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicativo Quadrics.....	46
Figura 2: Caixa de areia “in natura”.....	47
Figura 3: Caixa de areia com Realidade Aumentada.....	47
Figura 4: Molécula de carbono em 3D.....	48
Figura 5 – SEFIRV (Sistemas de Experiências Físicas Instrucional em Realidade Virtual).....	50
Figura 6 – Voo virtual sobre São Francisco.....	57
Figura 7 – EcoMUVE.....	62
Figura 8 – Simulador modal.....	67
Figura 9 – O estado da matéria e seus avatares.....	69
Figura 10 – Projeto de dirigibilidade e os sensores de RVA.....	75
Figura 11 – Exemplo de um marcador de interação utilizado pelo <i>software</i> FLARAS.....	77
Figura 12 - <i>The coccolithophore Rhabdosphaera</i>	84
Figura 13 – Projeto <i>Virtual Trike</i>	86
Figura 14 – Projeto Tátil – Acesso gestual.....	87
Figura 15 – <i>Virtuali-Tee</i> aplicativo de Realidade Aumentada.....	90
Figura 16 – Aplicativo EduPark.....	91
Figura 17 – Alunos extraindo informações das plantas para o jogo EduPark.....	92
Figura 18 – <i>Software Vaa3D - (Visualization-Assisted Analysis 3D)</i>	95
Figura 19 – Aplicativo <i>Terracotta Warriors</i>	96
Figura 20 – Protótipo do sistema solar feito pelo módulo <i>Wonderland – SoftwareAlice</i>	98
Figura 21 – Crianças no processo de modelagem física no <i>Museum Alliance</i>	99
Figura 22 – Reconhecendo evidência de mudança no meio ambiente...99	
Figura 23 – Objetos modelados pelo grupo.....	100
Figura 24 - Construindo a locomotiva à esquerda e a passagem de parâmetros à direita.....	101
Figura 25 – Simulação dos efeitos da acidificação dos oceanos.....	113
Figura 26 – Fluxo de trabalho do aplicativo <i>EduApp</i>	114
Figura 27 – Aluna utilizando o <i>EduApp</i> na aula de Física.....	117
Figura 28 – <i>Software ML2VR</i>	118
Figura 29 - Modelo de processamento de informação baseado em Mayer (2005c p.37).....	135
Figura 30 – Produção de artigos sobre Visualização por periódicos (produção absoluta e proporcional da década).....	149

Figura 31 - Produção de artigos por país do autor principal.....	150
Figura 32 – Gráfico da função $y = x^2$ como objeto de visualização.....	153
Figura 33 - Número de estudos publicados sobre características relacionadas a uma boa visualização por década.....	156
Figura 34 - Robert Knievel (Wembley).....	178
Figura 35 – Tela de abertura.....	181
Figura 36 – Introdução ao conceito de momento angular.....	182
Figura 37 – Jogar direto no celular ou em telas sensíveis ao toque.....	183
Figura 38 – As funcionalidades das teclas de acionamento.....	184
Figura 39 – Motocicleta em alta velocidade.....	186
Figura 40 - RVA_360 – semi-imersiva na versão final otimizada.....	186
Figura 41 – Imersão total com <i>Oculus Rift</i> e a aproximação dos avatares.....	188
Figura 42 – Acidente durante a imersão total com <i>Oculus Rift</i>	190

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - O uso de objetos de visualização	194
Gráfico 2 - Adoção ou recomendação da ferramenta segundo os especialistas.....	198

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Identificação dos principais grupos de RVA brasileiros.....	44
Quadro 2 - Resumo das principais características dos grupos encontrados por pesquisa web direta.....	64
Quadro 3 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados GOOGLE SCHOLAR.....	80
Quadro 4 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados <i>ResearchGate</i>	88
Quadro 5 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados <i>World Wide Science</i>	92
Quadro 6 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados RefSeek.....	103
Quadro 7 – Resumo das principais características do grupo encontrado na base de dados REDALIC.....	106
Quadro 8 – Resumo das principais características dos grupos encontrados nas bases de dados das 100 maiores universidades do mundo.....	123
Quadro 9 - Alguns efeitos estudados pela Teoria da Carga Cognitiva e os motivos da redução da carga cognitiva estranha.....	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CERV - Comissão Especial de Realidade Virtual
CNPq– Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
PPGECT– Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica
RVA – Realidade Virtual e Aumentada
RA – Realidade Aumentada
RV – Realidade Virtual
SBC – Sociedade Brasileira de Computação
SVR- *Symposium on Virtual and Augmented Reality*
TCC – Teoria da Carga Cognitiva
TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
VRML – *Virtual Reality Modeling Language*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Justificativa e relevância da pesquisa.....	30
1.2	Problema de pesquisa	33
1.3	Objetivo geral	33
1.4	Objetivos específicos	33
1.5	Hipóteses	34
2	O ESTADO DA ARTE DO USO DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	37
2.1	A Realidade Virtual e Aumentada da década de 1960 aos dias atuais: Perspectivas gerais e as iniciativas voltadas para o ensino de Ciências.	42
2.1.1	A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.....	45
2.1.2	A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências	47
2.1.3	A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Física... ..	49
2.1.4	A Realidade Virtual e Aumentada e as novas perspectivas com o uso de vídeos 360⁰	51
2.2	Recursos digitais, teorias e as linhas pedagógicas dos principais grupos de pesquisa que se dedicam à Realidade Virtual e Aumentada no âmbito educacional.....	52
2.2.1	Dados dos levantamentos apresentados no XI ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências)	53
2.2.2	Levantamento feito por busca <i>web</i> direta	55
2.2.3	Levantamento feito na base de dados <i>Google SCHOLAR</i>	66
2.2.4	Levantamento feito na base de dados <i>ResearchGate</i>	82
2.2.5	Levantamento feito na base de dados <i>World Wide Science</i>	89
2.2.6	Levantamento feito na base de dados <i>RefSeek</i>	93
2.2.7	Levantamento feito na base de dados <i>REDALIC</i>.....	104
2.2.8	– Levantamento feito diretamente nas bases de dados das maiores universidades do mundo.....	106

3	A TEORIA DA CARGA COGNITIVA E A CONCEPÇÃO DE OBJETOS DE VISUALIZAÇÃO UTILIZANDO A FERRAMENTA RVA_360	127
3.1	A estrutura cognitiva humana	129
3.2	As Cargas Cognitivas e suas características	133
3.2.1	Carga Cognitiva Intrínseca	135
3.2.2	Carga Cognitiva Relevante e a fusão com a Carga Cognitiva Intrínseca	140
3.3	A Carga Cognitiva e os recursos digitais	143
4	A VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	145
4.1	A Visualização na pesquisa literária	147
4.1.1	O que constitui uma boa visualização e o que é necessário para os indivíduos interpretá-las e avaliá-las?	152
4.2	Quais são as perspectivas teóricas que abordam a aplicação da visualização em Ciências?	154
4.2.1	Há evidência experimental que dê suporte à visualização no ensino de ciências?	155
5	O PROJETO DE CRIAÇÃO DA FERRAMENTA RVA_360	159
5.1	O que esperar da ferramenta RVA_360?	163
5.2	Metodologia	164
5.3	Uma abordagem teórica sobre o dispositivo <i>Oculus Rift</i> e a criação de recursos computacionais para essa ferramenta.	169
6	O TUTORIAL DE USO DA FERRAMENTA RVA_360 – MOMENTO ANGULAR DE FORMA CONTEXTUALIZADA .	175
6.1	Primeira parte – Noções básicas da Segunda lei de Newton	178
6.2	Segunda parte – Questões práticas sugeridas	178
6.3	Terceira parte – A Ferramenta RVA_360 – Momento Angular	181
6.4	O USO DA FERRAMENTA RVA_360 COM <i>OCULUS RIFT</i> – IMERSÃO TOTAL	189
6.5	RVA_360 – <i>Links</i> e especificações técnicas	192
6.5.1	RVA_360 Semi-imersiva (PCs ou Notebooks)	192

6.5.2 RVA_360 Semi-imersiva (PCS ou Notebooks) com telas sensíveis ao toque (Touch Screen).....	193
6.5.3 RVA_360 Imersão total com <i>Oculus Rift</i>.....	193
6.6 – O processo de validação e reconhecimento da ferramenta pelos pares	194
6.7 – Consulta a especialistas sobre a ferramenta RVA_360 – Momento Angular	196
CONSIDERAÇÕES	201
PROJETOS FUTUROS.....	207
REFERÊNCIAS	209
APÊNDICES.....	217
Apêndice 1 – Momento angular na motovelocidade	217
Apêndice 2 - Questionário para avaliação da ferramenta RVA_360 - Momento Angular por especialistas	224
Apêndice 3 – Endereços eletrônicos de grupos e demais citações .	233
Apêndice 4 – Carteira de Registro de professor da década de 90.	240

1 INTRODUÇÃO

A apresentação que a aqui se inicia, mesmo sendo academicamente chamada de introdução e na maioria das vezes com propósitos de nortear e situar um leitor de forma contextualizada sobre o foco da pesquisa de tese, conterà muito mais do que exposições de resultados almejados, etapas executadas e outros tópicos usuais. É um momento ímpar na vida e na trajetória de um pesquisador, podendo expor um pouco da sua caminhada e dessa forma valorizar ainda mais seus esforços e os percalços de toda jornada profissional, com vitórias, perdas, dificuldades, mas acima de tudo convicto da carreira que abraçou.

Sou licenciado em Matemática, de uma época que o professor possuía carteira de registro profissional, assim como os médicos, engenheiros e advogados, por exemplo, e este registro era uma condição exigida para que pudéssemos assumir uma sala de aula na década de 90. A colação de grau ocorreu em 1993, mas a certeza de que eu seria professor veio somente um ano após a formatura. Na época, a minha ocupação profissional era como inspetor de qualidade de linhas de montagem da Indústria de Material Bélico do Exército (IMBEL), onde eram fabricados os fuzis e pistolas para as forças armadas brasileiras, bem como todos aparelhos de comunicação das três forças (Marinha, Exército e Aeronáutica). A Matemática que eu cursava, serviria tão somente para uma especialização no mundo da computação eletrônica militar, que era meu nicho de atuação profissional desde 1983. Foram esses os meus primeiros dez anos no mercado de trabalho, na área militar, totalmente distante do universo educacional.

Só me reconheci como alguém com vocação para o magistério, ao me ver diante de uma turma de alunos especiais, do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES)¹ tendo que dar aulas de Ciências e Matemática e numa língua que não era o Português e num campo profissional totalmente novo e sem o rigor disciplinar e outras peculiaridades do militarismo. A inquietação e a vontade de fazer com que os alunos entendessem o que era uma variável, valores fracionários e tantos outros conceitos matemáticos complexos para a maioria dos alunos do ensino fundamental, ainda mais para alunos que demandavam

¹ Atuei em dois momentos distintos da minha carreira profissional, como professor do INES (Instituto Nacional de Educação de Surdos). A primeira passagem se encerrou em julho de 1995. Em 2003, retornei numa outra realidade, mas com antigas carências tecnológicas.

exposições de conteúdo com uma linguagem de sinais, complexa de ser registrada num quadro-negro, como fazem os professores habitualmente.

Naquele ano de 1994, nasceu a minha determinação de ensinar com auxílio de computadores e uma paixão profissional que desconhecia totalmente e nem compreendia que ali estava o meu papel na vida. Ensinar, aprender, ensinar sempre buscando meios para que as aulas fossem um verdadeiro acontecimento para a turma. Era uma época que o uso da internet no Brasil estava ao alcance de poucos, para algumas empresas e raríssimas universidades. Não se falava em recursos computacionais voltados para a educação como conhecemos nos dias atuais. Tínhamos alguns *softwares* e planilhas com funcionalidades que davam para trabalhar nas aulas de matemática e física, porém sem utilizar a internet.

O ensino mediado por computadores na época, exigia muita dedicação e criatividade, mas era possível utilizar nas aulas de ciências e matemática para os alunos surdos. Destaco que no início da década de 90, era comum o curso de licenciatura plena em Ciências Físicas e Biológicas com habilitação Matemática. É isso que consta na minha carteira de registro profissional, que considero histórico e prometo que porei uma cópia da mesma em anexo para os leitores que nasceram no Século XXI.

A minha busca por ferramentas tecnológicas educacionais, começou com essa experiência de dar aulas para alunos surdos que possuem um modo totalmente peculiar de aprender e com uma necessidade latente de serem trabalhados/ensinados com recursos táteis e visuais. Destaco que os mesmos não possuem a parte sensorial auditiva como os alunos ouvintes, que alguns chamam de “alunos normais” e olha que naquela época era impensável se falar de inclusão, mas existia uma predisposição para a oralidade, como se a leitura labial e a pronuncia de algumas palavras fossem fazer toda diferença no processo de ensino-aprendizagem dos surdos. Incluí-los socialmente, e isso estava totalmente fora dos meus objetivos, pois sempre entendi que a cultura de um povo passa necessariamente pela sua linguagem e modo de se comunicar com os seus pares. Aprendi a respeitar a língua brasileira de sinais (LIBRAS) no meu primeiro contato com a mesma e entendi que eu deveria me apropriar do modo de vida dos seus falantes, para ensiná-los e não o inverso, pois os surdos só acolhem os ouvintes quando sentem os esforços e respeito dos mesmos pela cultura deles. Eles não chamam os ouvintes por nomes. Criam sinais e quando isso acontece significa que o grupo nos aceitou.

Após longos anos de experiências em sala de aula, dez anos para ser mais preciso, eis que surge (conquistei) a oportunidade de cursar um

mestrado em informática. A ideia era desenvolver *software* educativo para alunos surdos, já que mesmo estando em 2003 e com internet, o mercado continuava com pouquíssimas ferramentas educacionais para educação regular e para a educação de surdos, no campo da Matemática, não existia.

Iniciei o meu mestrado no Programa de Pós-graduação do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IM/UFRJ), mais precisamente no Núcleo de Computação Eletrônica – NCE. A minha dissertação acabou sendo na área de desenvolvimento de recursos computacionais para deficientes motores. Fiz um *Toolkit* de componentes de *software* de acessibilidade voltado para tetraplégicos, pessoas paralisadas do pescoço para baixo e, por isso, mesmo sem condições de utilizar a internet e muito menos os computadores por meios convencionais, manuseando *mouse* e outros periféricos.

Este *Toolkit* pode ser comparado com blocos de jogos infantis (peças que se encaixam para formar casas, carros e outros brinquedos), onde as funcionalidades estavam programadas e bastavam os demais desenvolvedores arrastarem e ativarem as funcionalidades básicas, como as de um cursor de um *mouse*, que possui movimentos para esquerda, direita, para cima, para baixo, cliques e navegação, por exemplo. Tudo comandado por ruídos capturados por um microfone, acionado por resquícios de sons emitidos por um tetraplégico (muitos não são capazes de falar por comprometimentos específicos do órgão fonador) e que potencializado servia como acionador de um menu (*mouse* virtual) com as funcionalidades ditas acima.

É oportuno destacar que a ferramenta computacional gerada deu origem a diversas soluções desenvolvidas pelo grupo de pesquisa em Tecnologias de Acessibilidade do Núcleo de Computação e Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ, onde iniciei a minha trajetória como pesquisador e pude me aprofundar na parte de programação de baixo nível², já que foi necessário alterar as rotinas de funcionamento básico do sistema operacional *Windows*. O mestrado foi concluído em 2005.

Em 2015, mais uma oportunidade acadêmica conquistada e o início de uma nova etapa, dessa vez no Programa de Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina

² Programação de baixo nível é a nomenclatura usual para linguagem de máquinas ou *assembly*. É a parte utilizada para a montagem dos sistemas operacionais.

(PPGECT/UFSC), na linha de pesquisa focada em Mídias e Ensino de Ciências e num doutoramento interinstitucional (DINTER), numa parceria com a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), onde atuo como docente concursado desde 2012.

O desafio é demonstrar o potencial da Realidade Virtual e Aumentada (RVA) imersiva, com o uso de vídeos 360 graus, na concepção de um objeto de visualização para o ensino de ciências, com foco na área da Física. A tarefa é altamente especializada e dificultosa, principalmente pelo ineditismo da proposta e por ter que gerar um ambiente para ser utilizado por professores e alunos de Física, de forma imersiva e com um menor investimento possível em aparatos tecnológicos (óculos, capacetes, luvas, sensores especiais e outros), comumente utilizados para se obter imersões em RVA. Existem algumas iniciativas feitas na Europa com RVA imersiva e vídeos 360 graus, mas são todas para áreas e objetivos industriais e ou comerciais, sem propostas voltadas para o ensino. Os grupos de pesquisadores e desenvolvedores de recursos computacionais do Brasil e do mundo, utilizam normalmente RVA não imersiva, assunto que será apresentado detalhadamente no Capítulo 2 desta tese.

As primeiras palavras devem ser as que conduzirão este trabalho a algumas reflexões sobre novos conceitos para a maioria, visando a compreensão dos esforços empreendidos na construção e emprego de recursos digitais nos processos de ensino-aprendizagem em Ciências, tendo a área da Física como principal foco. Diversas áreas têm utilizado a Realidade Virtual e Aumentada (RVA), sendo frequente vermos algumas aplicações em segmentos como da construção civil, engenharias, arquitetura, saúde e, principalmente, na indústria do entretenimento. Com o surgimento dos vídeos 360 graus, a RVA imersiva ganhou novas possibilidades e aplicabilidades, estando presente no turismo e em outras áreas, despertando interesse de pesquisadores dos mais diversos campos dos saberes. É com este olhar e leque de possibilidades que surgiu esta tese, onde buscar-se-á respostas sobre o potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de um objeto de visualização.

1.1 Justificativa e relevância da pesquisa

É comum nos depararmos com as dificuldades de abstrações e apropriações de conceitos básicos das ciências naturais, tanto na educação básica, quanto no ensino superior. Muitos aprendizes sentem dificuldades de entender o que está sendo ensinado e de transitar entre as diferentes

representações adotadas na compreensão de modelos didáticos e científicos, peculiares a esse campo de conhecimento.

O ensino dos dias atuais, após o advento das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), pode utilizar recursos digitais que auxiliem os estudantes no desenvolvimento da capacidade de visualizar e de representar, habilidades extremamente necessárias para a aprendizagem de ciências de um modo geral e da física de um modo mais específico. Parte-se do pressuposto que o aluno precisa ser engajado ativamente em seu processo de aprendizagem e o professor pode adotar ferramentas tecnológicas que o auxiliem na assimilação da teoria ministrada e desenvolvimento das habilidades desejadas. Não obstante, a aprendizagem pode ocorrer de forma mais descontraída, lúdica, contextualizada, dinâmica com a extensão da “sala de aula” para outros tempos e espaços. Estes objetivos podem ser alcançados com a inclusão dos jogos digitais e da Realidade Virtual e Aumentada, principalmente, pela presença de fatores motivacionais, inerentes às atividades lúdicas.

Segundo Savi e Ulbricht (2008), além do efeito motivador, os jogos bem projetados conduzem os jogadores para um estado intenso de concentração e envolvimento, gerando uma ânsia por vencer e isso acaba promovendo o desenvolvimento de novas habilidades (MITCHELL e SAVILL-SMITH, 2004 apud SAVI; ULBRICHT, 2008). Ainda segundo os referidos autores, os jogos digitais são facilitadores do aprendizado em vários campos do conhecimento, viabilizando a geração de elementos gráficos capazes de representar cenários e, deste modo, auxiliar diretamente no processo de modelização. Além disso, destacam outros pontos interessantes como o desenvolvimento de habilidades, aprendizagem por descoberta, coordenação motora, socialização e um aspecto muito importante que os autores chamam de comportamento especializado. Segundo os mesmos, crianças e jovens que jogam videogames se tornam especialistas no que o jogo propõe. É possível inferir que os jogos com desafios educacionais podem ter potencial de tornar seus jogadores exímios conhecedores nos temas abordados (VANDEVENTER e WHITE, 2002 apud SAVI; ULBRICHT, 2008).

Ainda segundo Savi e Ulbricht (2008), jogos educacionais ou jogos sérios, precisam ser criados com cuidados visando a adoção dos mesmos e isso passa necessariamente pelas propostas pedagógicas utilizadas, que muitos desenvolvedores ignoram. É comum nos depararmos com programas de computador educacionais, principalmente na modalidade jogos, que trazem efeitos muitos similares aos jogos eletrônicos da indústria de entretenimento e caem no gosto dos alunos. A questão

comprometedora perpassa pela falta de características de aprendizagem bem definidas, bem como pelo tempo gasto pelos alunos diante dos computadores, valorização da competitividade entre os alunos e outros. Muitos pais e educadores reforçam essas preocupações citadas, sendo estes os principais problemas apontados no tocante à utilização de jogos educativos em sala de aula. Além do que foi dito, há uma dificuldade muito grande de se encontrar *software* na modalidade jogos que tenham uma proposta pedagógica definida, que não seja tão somente lúdico, mas sem deixar de lado o entretenimento instrutivo e prazeroso.

A presença das TDIC nas salas de aula, no cotidiano da grande maioria dos indivíduos em qualquer faixa etária e classe social, por si só justificaria um levantamento sobre os métodos de utilização das mesmas nos contextos educacionais. Por outro lado, os professores que lecionam no campo das ciências da natureza, principalmente, no ensino de Física que é o foco desta tese, ainda que desejassem adotar ferramentas computacionais para auxiliá-los com as partes teóricas e práticas de suas aulas, teriam dificuldades em encontrar recursos tecnológicos desenvolvidos em RVA e com foco específico num conteúdo curricular ou em conceitos básicos ou avançados de um modo mais abrangente. Neste contexto, ofertar jogos digitais com Realidade Virtual e Aumentada integrados aos principais canais *web*, redes sociais, principalmente, bem como disponibilizá-los nos repositórios de objetos educacionais, configuram-se em metas que se deseja alcançar com este trabalho.

A pesquisa perpassa pelos principais aspectos da inserção de jogos digitais nos processos de ensino-aprendizagem, fundamentando-se na Teoria da Carga Cognitiva (TCC). A utilização dessa teoria é de fundamental importância, por se tratar de uma proposta que está diretamente ligada à cognição humana e, certamente, necessitará da contextualização dos tipos de memórias (sensorial, curto prazo ou de trabalho e a de longo prazo) e a relação das mesmas com a aprendizagem humana. É relevante e oportuno comentar um pouco mais sobre este referencial teórico que fundamentará os objetos gerados, ainda que superficialmente nessa oportunidade, já que o Capítulo 3 apresentará de forma mais contextualizada e aprofundada. Segundo Santos (2009) a TCC se baseia em estudos de pesquisas experimentais, que demonstram que o uso de seus princípios resulta em ambientes de aprendizagem eficientes e, deste modo, conduzem a uma aprendizagem competente e melhor. A autora argumenta que um ambiente de aprendizagem apropriado, ancorado na Teoria da Carga Cognitiva (TCC), minimiza a demanda de recursos mentais solicitados de forma inadequada e, ao invés, coloca-os para trabalhar de modo a propiciarem uma aprendizagem mais eficiente.

De acordo com Sweller (2005), o esforço mental demandado numa tarefa está diretamente relacionado à carga cognitiva global. Segundo Santos (2009), essa teoria aponta direcionamentos de como se deve trabalhar os recursos instrucionais no intuito de evitar sobrecarga cognitiva e, deste modo, evitar o comprometimento do processo cognitivo humano. A pesquisa ancorada nessa teoria ganhou respaldo e direcionamento para o que será demonstrado, que é a eficácia das aplicabilidades da Realidade Virtual e Aumentada nos processos de ensino-aprendizagem em ciências com ênfase na Física.

1.2 Problema de pesquisa

De que forma a Teoria da Carga Cognitiva e as perspectivas da visualização contribuem na elaboração de um recurso digital gerado com Realidade Virtual e Aumentada imersiva para o processo de ensino-aprendizagem de momento angular?

1.3 Objetivo geral

Utilizar-se das prerrogativas da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e da visualização para a concepção de uma ferramenta computacional lúdica sobre momento angular que permita a interação dos alunos com a grandeza física momento angular pela via de aplicações orientadas por professores do ensino superior. Através de experimentos reais e virtuais mediados por recursos digitais criados com a Realidade Virtual e Aumentada imersiva, contribuir com as inovações no campo dos processos de ensino-aprendizagem de Física.

1.4 Objetivos específicos

A – Auxiliar na superação das dificuldades de aprendizagem de momento angular, com a disponibilização de um objeto de visualização imersivo e que explore ambientes tridimensionais;

B – Disponibilizar aos professores e alunos um ambiente virtual 3D, onde poderão se aprofundar nas questões que envolvem fenômenos naturais, por exemplo, testar os modelos propostos, visando uma aferição dos progressos obtidos e a aprendizagem por experimentação e uso da Teoria da Carga Cognitiva (TCC);

C – Viabilizar resoluções de questões e estimular a criação de simulações de fenômenos físicos, através da imersão proporcionada pelos equipamentos usuais da Realidade Virtual e Aumentada, com intervenção direta do usuário, facultando ao professor enfatizar em pontos específicos

de forma gradual, mantendo o foco na aprendizagem de momento angular.

1.5 Hipóteses

H1-É possível aproveitar o potencial dos recursos computacionais e tecnológicos das áreas da Realidade Virtual e Aumentada (RVA), nos processos de ensino aprendizagem em ciências, enfatizando a aprendizagem em física.

H2-A utilização dos objetos de visualização oportuniza uma melhor assimilação dos fundamentos teóricos e práticos das ciências, quando são adotados os principais aspectos e pressupostos preconizados pela Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Estes e outros suportes teóricos ratificam e ancoram a utilização de recursos computacionais tecnológicos nos processos de ensino aprendizagem.

H3-A utilização de objetos de visualização, vídeo 360 graus integrados com a RVA de forma mais específica e inédita, contribuirá com as práticas docentes no ensino superior e com a aprendizagem dos graduandos nas aulas de Física.

A seguir a descrição da organização deste trabalho.

No capítulo 2, apresentam-se os grupos de pesquisa do Brasil e do exterior que atuam com a Realidade Virtual e Aumentada nos contextos educacionais, ensino de ciências de forma abrangente e Física de modo mais específico pela ressonância com a tese aqui apresentada. Foram feitas identificações das suas produções concluídas e em andamento, ferramentas computacionais geradas, projetos de cooperação com outros grupos e universidades dos seus países de origem e no exterior. O material aqui apresentado remete somente aos grupos constituídos e reconhecidos pelos pares. Limitou-se à área acadêmica, grupos vinculados às instituições de ensino, e com ocorrência nas 20 (vinte) maiores e mais utilizadas bases de pesquisa do mundo, a saber: *Scielo; ERIC, Portal de Periódicos da Capes, Springer, Scopus, Google SCHOLAR; Research Gate, Highbeam Research, Scirus, Vadlo, World Wide Science, The Collection of Computer Science Bibliographies, RefSeek OAIster, Begell House digital library, Wiley on-line library, IEEE Computer Society, Nature.com, Science Direct, ELSEVIER e Redalic.*

O capítulo 3 é dedicado à Teoria da Carga Cognitiva (TCC), uma das bases teóricas desta tese. Foi feito um apanhado geral sobre o surgimento da mesma na década de 80. O psicólogo australiano John Sweller é o criador desta teoria. A compilação da TCC deu-se a partir de diversas pesquisas que estudavam a cognição humana desde 1956. Foram

mais de três décadas para se chegar nos princípios que norteiam a TCC e que nos trazem elementos que permitem aferir a aprendizagem humana, tendo como base os sistemas de memória e a carga cognitiva suportada pelos mesmos. Essa teoria teve uma grande influência na criação da ferramenta RVA_360, um ambiente computacional idealizado e implementado nesta tese e que visa auxiliar os aprendizes na criação de esquemas gerados a partir da carga cognitiva intrínseca.

O capítulo 4 tem como principal função situar e nivelar os leitores sobre os conceitos da visualização no ensino de ciências; no que consiste e como tem sido trabalhado e introduzido as suas prerrogativas na física. É de extrema importância a compreensão de objetos de visualização, para que ocorra uma apreensão maximizada da ferramenta criada nessa tese.

No capítulo 5 apresenta-se a ferramenta computacional RVA_360 e a concepção de uso e criação de objetos de visualização voltados para a aprendizagem de ciências com ênfase no ensino de física. Este capítulo é dedicado para a apresentação da *interface* e do modelo da ferramenta computacional RVA_360, onde aprendizes e outros interessados poderão conhecer a tecnologia utilizada para a criação do objeto de visualização, bem como aprenderem sobre a Realidade Virtual e Aumentada imersiva, manuseio e criação dos equipamentos responsáveis para que se obtenha uma imersão significativa nos seus experimentos.

O capítulo 6 é dedicado ao tutorial de apresentação da ferramenta gerada, assim como toda a argumentativa sobre a escolha da dinâmica das motocicletas utilizadas para se trabalhar com a grandeza física escolhida, momento angular. Apresentam-se alguns endereços de páginas virtuais sobre a dinâmica de uso da ferramenta RVA_360, destacando as diferenças e requisitos técnicos das versões semi-imersiva e imersiva que foram geradas e disponibilizadas.

Ao término do capítulo 6 apresentam-se as considerações finais, os projetos futuros, as referências utilizadas e os apêndices.

2 O ESTADO DA ARTE DO USO DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Este capítulo tem dois grandes objetivos. O primeiro, apresentar a Realidade Virtual e Aumentada (RVA), onde serão abordados os principais conceitos utilizados por essa área tecnológica e o segundo objetivo é rastrear e disponibilizar uma visão geral das ferramentas e aplicabilidades educacionais geradas pelos grupos de pesquisas acadêmicas das universidades brasileiras e do exterior, desde que estejam disponibilizadas nas principais bases de dados digitais existentes ou nos seus próprios repositórios, que é uma prática comum nas grandes instituições.

Acredita-se na importância de se buscar diretamente nos portais das 100 primeiras colocadas numa lista de classificação mundial das universidades (*Center for World University Rankings – CWUR*)³, pois provavelmente alguns grupos não aparecerão nas 20 bases de dados que serão utilizadas, mas pela importância das mesmas, buscar-se-á também em seus repositórios dedicados.

Este levantamento foi feito a partir dos dados de pesquisa, com foco na produção nacional, tendo sido inclusive apresentado pelo autor desta tese no XI ENPEC⁴, realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis/SC, em julho de 2017. Encontrarão nos anais e, neste capítulo, os principais dados dos grupos de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada, ligados às universidades brasileiras e ao diretório de grupos do CNPq⁵. A publicação no formato pôster foi convergente e ressonante com as produções dos grupos brasileiros. É importante destacar o ineditismo a partir do levantamento ampliado com as demais bases e produções em escala mundial.

Posteriormente, trabalhou-se com as ocorrências disponíveis nas 20 (vinte) maiores bases de dados de pesquisa científica do mundo e diretamente nos repositórios dedicados de algumas universidades. Acredita-se que o levantamento que será apresentado no decorrer deste capítulo, poderá ser visto como o “estado da arte” do mapeamento das ferramentas computacionais educacionais que foram concebidas com o uso da Realidade Virtual e Aumentada, imersiva ou não-imersiva, mesmo não sendo este o objetivo do capítulo. Os esforços estão concentrados

³ <http://cwur.org/2016.php>

⁴ ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>

⁵ <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>

mais nas ferramentas e na parte prática, do que na produção de artigos, mas sem deixar nada de fora da abordagem de modo proposital ou seletivo.

É notório o avanço da Realidade Virtual e Aumentada (RVA) nas duas últimas décadas, assim como a potencialidade das mesmas para a área educacional. A utilização dessas tecnologias na área do entretenimento, como simuladores de voos e dirigibilidade de um modo geral, vem avançando no Brasil e inclusive adotadas por órgãos que preparam os motoristas e pilotos de aeronaves. O setor industrial tem investido em RVA, assim como a área da saúde e outras. Cabe ressaltar que a intenção deste capítulo é evidenciar este crescimento exponencial no campo educacional e em outros segmentos, destacando-se o quanto que já se tem de iniciativas voltadas para o ensino, mais especificamente para o ensino de ciências com ênfase em física.

No contexto educacional, segundo Psocka (2013), *Educational Games And Virtual Reality As Disruptive Technologies*, é notório que no momento atual o uso de ambientes de Realidade Virtual (RV) e jogos educativos resultam em uma produção criativa que potencialmente prenuncia o renascimento, a transformação na aprendizagem, onde o uso de recursos computacionais está perturbando a prática da educação tradicional. O referido autor enfatiza o uso dessas inovações disruptivas, principalmente a aprendizagem baseada em jogos, destacando que avançam bem mais rápido do que o uso e adoção das mesmas em escolas, universidades ou em instituições informais de educação científica. Psocka, no artigo citado acima, faz analogias com algumas predições dos “visionários do computador”, utilizando Seymour Papert (assumidamente piagetiano), que criou o *Media Lab LOGO* no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e proporcionou muitas inovações nas décadas de 80 até o final da década de 90. Psocka (2013) cita uma frase de Papert que afirmava que a tecnologia de computadores não teria grande impacto enquanto a educação não mudasse fundamentalmente.

Trabalhos como os dos pesquisadores Pstoka (2013), Vavra et al. (2011), Sheridan (1998), apostam na força transformadora da Realidade Virtual e Aumentada (RVA) no contexto da Visualização Científica. Essa é a utilização mais discutida e apoiada por grupos e pesquisadores que trabalham na produção de recursos digitais como objetos de visualização, visando melhorar a apreensão e percepção de fenômenos naturais, bem como as aferições de leis utilizadas nas demonstrações e comprovações dos mesmos. É oportuno destacar que Psocka (2013) defende que a educação precisa ser mais modular, e sair da sala de aula para contextos informais, valorizando a aprendizagem fora dos espaços convencionais e,

com isso, permitir que a tecnologia entre mais rapidamente na educação. “É preciso produzir novos processos, ambientes e ferramentas de aprendizagem e expandir a descoberta além de qualquer coisa que este mundo já viu”. (Psozka, 2013, p.69).

Algumas ações no ensino como um todo e de forma mais concentrada em ciências com ênfase em física, são objetos de estudos de pesquisadores brasileiros e de outros países. Existem grupos de pesquisa das grandes universidades que se dedicam à criação de ferramentas que misturam mundo real com o virtual e o que já pode ser considerado realidade no Brasil e em escala mundial em relação ao uso educacional. As análises apresentadas neste capítulo foram feitas separadamente utilizando somente Realidade Aumentada (RA) ou Realidade Virtual (RV), bem como a combinação de ambas que é conhecida como Realidade Misturada ou simplesmente Realidade Virtual e Aumentada (RVA).

A Realidade Virtual (RV) pressupõe a produção de objetos e mundos virtuais onde a interação acontece por imersão e com auxílio de capacetes, óculos e outros aparatos. Por sua vez, a Realidade Aumentada (RA) não cria mundos virtuais e sim maximiza elementos do mundo real para que se possa melhorar a interação e perceber aspectos sensoriais imperceptíveis nas dimensões reais. É oportuno enfatizar o que dizem autores sobre a RV no âmbito educacional. A utilização da mesma com finalidades educativas tem sido evidenciada e estudada destacadamente nos últimos anos. No livro, *Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada*, Kirner et al (2007) apresentam alguns itens que fortalecem a importância da utilização desses recursos tecnológicos na educação. São citados os pontos abaixo com observações de nossa autoria:

- “Motivação dos estudantes de um modo geral, tem por base a experiência de 1ª pessoa vivenciada por eles mesmos”. Acredita-se que os autores tiveram intenção de mencionar a importância da motivação extrínseca, aquela originada por fatores externos e que os recursos digitais podem proporcionar mais eficientemente, em comparação com as aulas expositivas tradicionais;
- “Ambiente propício para ilustrar características e processos em comparação com outros meios multimídias”;
- “Possibilidade de visualizar detalhes de objetos que compõem os cenários”;
- “Poder analisar os detalhes de objetos que estão a grandes distâncias, planetas e satélites, por exemplo”;

- “A possibilidade de realizar experimentos virtuais, na ausência de recursos, ou com finalidades educacionais virtuais interativas”;
- “Oportuniza ao estudante a correção de experimentos de forma atemporal, fora do contexto de uma aula clássica”. Neste ponto, os autores destacam as possibilidades dos alunos inferirem fenômenos físicos (por exemplo), modelados por recursos digitais feitos utilizando a Realidade Virtual e Aumentada. Normalmente, são ferramentas computacionais que o aluno pode manipular fora da escola, o que não ocorre com experimentos de laboratórios que dependem dos equipamentos e da presença do professor.
 - “Exige, pelo fato de requerer interação, que cada estudante se torne ativo dentro de um processo de visualização”;
 - “Incentiva a criatividade, catalisando a experimentação”;
 - “Oportuniza igualdade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações”;
 - “Paralelamente, trabalha e aguça as habilidades computacionais e de domínio de *softwares* e periféricos, mesmo não sendo estes os objetivos a serem alcançados”.

Em relação à Realidade Aumentada (RA), essa área pode ser aplicada e analisada separadamente da Realidade Virtual e muitos pesquisadores abordam ambas distintivamente. Entende-se como RA, a amplificação da percepção sensorial por meio de recursos computacionais. Deste modo, ao associar dados computacionais ao mundo real, essa tecnologia permite uma interface mais natural com os dados e imagens gerados por computadores. Normalmente, as aplicabilidades baseadas nessa área envolvem a geração de elementos virtuais que são inseridos no ambiente real. O usuário não crê ou tem dificuldades de perceber que esses elementos ou avatares são virtuais e foram inseridos para interação ou visando causar efeitos com finalidades contextualizadas na proposta do recurso digital. Nessa presente pesquisa trabalharemos para que durante o uso da versão imersiva da ferramenta que emergirá da nossa pesquisa, além da interação com um ambiente tridimensional, envolverá um alto grau de interatividade do usuário com o mundo virtual. Será possível observar/perceber um uso intenso do que preconiza a Realidade Virtual, mas também poderão inferir que a imersão conduzirá o aluno ou quem estiver manuseando a ferramenta, para as mesmas sensações que se tem ao depararmos com um objeto virtual inserido no mundo real (isso é o que se conhece como Realidade Aumentada), porém será no sentido inverso, já que a imersão “levará” o utilizador para o mundo virtual. Estando por lá, em condições previamente definidas pelos propósitos de uso da ferramenta, o que se

espera é uma atuação do objeto de visualização por aqui gerado, ressonantemente com as grandezas físicas que envolvem a parte prática do recurso digital que será feito nessa pesquisa. Continuando na linha argumentativa deste item. Este é o principal motivo de se utilizar a Realidade Virtual e Aumentada (RVA), uma combinação ou junção de ambas tecnologias.

Vale destacar que a RVA, assim como tudo que é novo e demonstra diversas potencialidades, não pode e nem deve ser encarada como a panaceia dos processos de ensino-aprendizagem. Existem muitos pontos sem respostas e outros que precisam ser trabalhados pelos desenvolvedores de *softwares* educativos, pelos educadores e por todos que se dedicam às melhorias do ensino mediado pelos recursos digitais computacionais. Um ponto que merece ser destacado dentro dessa linha argumentativa é o papel que as tecnologias devem exercer no contexto educacional. No estágio atual da presença das TDIC no nosso dia a dia, não só a Realidade Virtual e Aumentada, mas o uso dos recursos digitais de forma ampla, deve ser visto como meio e não finalidade principal. O conteúdo em estudo, o ponto da matéria não pode ser ofuscado ou ter sua importância diminuída pelo uso de um recurso computacional que resolve equações, elucida passagens fundamentais em qualquer área. O uso e manuseio dos recursos computacionais devem ser precedidos pelo entendimento das fórmulas no estilo tradicional, sem que intuem que a ferramenta computacional dará conta das explicações e entendimentos de modo direto e único.

O saber e o aprender continuarão com as cargas de responsabilidade entre alunos e professores, e não será a Realidade Virtual e Aumentada que resolverá todas as dificuldades por si só. Além do que acaba de ser citado, faz-se necessário acompanhar e observar se o uso do recurso digital ou objeto de visualização não contribui para o surgimento de sobrecarga cognitiva que será esmiuçada no capítulo seguinte. Por ser uma tecnologia mais utilizada na indústria de entretenimento, a tendência que nós desenvolvedores temos é de ofertar elementos lúdicos e efeitos visuais que são primordiais, mas segundo o que preconizam a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e a visualização, nem sempre os estímulos visuais auxiliarão nos processos de ensino-aprendizagem de um conteúdo e essa preocupação precisa acompanhar os que se dedicam a concepção de *software* educativo na categoria jogos com RVA. Estes e outros aspectos são pontuados e fundamentados nos capítulos dedicados aos referenciais teóricos utilizados nessa pesquisa, TCC e Visualização, bem como no capítulo 6, quando será apresentado o

tutorial de uso do recurso digital resultante deste trabalho. Serão disponibilizados os quesitos técnicos e pedagógicos, fundamentais para as aplicabilidades e manuseio deste objeto de visualização que almejamos criar, disponibilizar e apresentar no decorrer dessa nossa pesquisa.

2.1 A Realidade Virtual e Aumentada da década de 1960 aos dias atuais: Perspectivas gerais e as iniciativas voltadas para o ensino de Ciências.

Nada mais justo do que analisar o histórico da área, a partir das ações organizadas pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Visando a disseminação dos conhecimentos oriundos das pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada (RVA) no Brasil e a aproximação com áreas afins, a SBC criou a Comissão Especial de Realidade Virtual - (CERV). Com apoio da própria sociedade, assim como de universidades e demais patrocinadores, a CERV realiza anualmente dois grandes eventos. O *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SRV), de âmbito internacional, e o *Workshop* de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), de abrangência nacional e com influência regional. São esses eventos que dão visibilidade e aproximam os trabalhos e estudos dos diversos grupos de pesquisa certificados junto ao CNPq das demais comunidades acadêmicas e interessados no tema. Todas as regiões do Brasil possuem laboratórios e pesquisadores que se dedicam à RVA, com experimentos voltados para diversas áreas, indo do ensino básico ao superior, perpassando pelas indústrias, áreas do entretenimento e outras.

A Comissão Especial de Realidade Virtual (CERV), promove no primeiro dia do evento um pré-simpósio que visa o nivelamento dos conceitos básicos de RVA, pois mesmo surgido no início da década de 1960, a Realidade Virtual é nova para a comunidade científica, assim como a Realidade Aumentada que começou a se popularizar em 1997, a partir da publicação do livro de Ronald Azuma⁶. Ambas as áreas (RA e RV) possuem crescimento e inserção de novos adeptos constantemente e isso por si só já justifica o nivelamento básico que ocorre na abertura de cada edição do simpósio brasileiro de Realidade Virtual. O pré-simpósio oportuniza contatos dos que se interessam pela área com os seus pares e ações como as relatadas no evento de 2006, primeiro dia do VIII SRV, realizado em Belém/PA. Um dos artigos da edição paraense do evento (2006), apresentou o potencial da Realidade Virtual nos processos de exploração e produção de petróleo (E&P), com grandes avanços na manipulação de dados informacionais, impulsionados pela crise no setor

⁶ <http://www.com.ufv.br/cibercultura/realidade-aumentada/>

na década de 1990 que exigiu mais competitividade e aprimoramento das indústrias petrolíferas.

De acordo com a literatura e muito particularmente com os anais do Pré-simpósio SRV - 2009, onde foi publicado um capítulo dedicado ao histórico, conceitos e dispositivos de Realidade Virtual (RV), o embrião do que conhecemos como RV surgiu em 1963. Segundo Botega e Cruvinel (2009), o pesquisador Ivan E. Sutherland desenvolveu nessa época o que pode ser considerado como o primeiro sistema gráfico interativo. Basicamente, ocorria uma interpretação de desenhos com dados de entrada e o sistema fazia associações com medidas conhecidas e gerava novos desenhos. Não se denominou na época como Realidade Virtual (RV), mas em meados dos anos 70, a comunidade científica sentiu necessidade de diferenciar simulações computacionais das interfaces interativas que estavam surgindo, totalmente diferenciadas das bidimensionais de segunda geração. Muitos pesquisadores, dos dias atuais inclusive, definem RV de acordo com as suas experiências computacionais, sendo que a maioria acha que o mais importante é passar para o usuário a percepção de que as interações ocorrem em outra realidade. Foram as imagens gráficas tridimensionais geradas por computadores em tempo real, de forma interativa e imersiva que aprimoraram pelo tempo o que conhecemos atualmente como Realidade Virtual (RV).

Segundo Russo et al (2006), a empregabilidade da Realidade Virtual no setor industrial trouxe novas perspectivas em E&P e com isso ocorrem até os dias de hoje, constantes investimentos das empresas do setor petrolífero em RVA. Ainda segundo os autores, as indústrias que exploram petróleo investem em centros de Realidade Virtual com tecnologias avançadas.

Os Centros de RV (VRCs – *Virtual Reality Centers*), equipados com recursos como grandes telas de projeção, dispositivos de interação e projeção estereoscópica, logo se tornaram populares na indústria de petróleo, pois permitem que especialistas interpretem grandes volumes de dados de maneira rápida e compreensiva. (AMERICAN, 1998 apud RUSSO et al SRV 2006, p. 320)

Relatos como este acima fazem parte das edições anuais do *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SRV). Por se tratar de um evento internacional que busca retratar o que ocorre na área, independentemente do segmento de mercado, tendo normalmente mesas,

painéis e pequenos congressos de diversas áreas e a Educação é uma delas. O objetivo por aqui é a abordagem no ensino, mas não se pode deixar de citar que a Realidade Virtual e Aumentada vem sendo utilizada em diferentes áreas como saúde, biblioteconomia, setor imobiliário, entretenimento, setor energético e outros.

Segundo a CERV/SBC, os principais grupos de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do Brasil, por região, são os listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação dos principais grupos de RVA brasileiros
(continua)

Principais grupos de RVA brasileiros	Região
Grupo de Pesquisa em Visualização e Mineração de Dados	Norte
LAVI (UFMT) – Laboratório de Ambientes Virtuais Interativos	Centro-Oeste
LATVI (UERJ) – Grupo de Ambientes Virtuais 3D Orientados a Agentes; GCG (UFJF) – <i>Group for Computer Graphics, Image and Vision</i> ; InterLab (USP) Laboratório de Tecnologias Interativas LapIS (USP) – Laboratório de aplicações de Informática em Saúde; Grupo de Realidade Virtual e Aumentada – GRVA (UFU); Grupo de Sistemas de Tempo Real; ACIMA (LNCC) – Laboratório de Ambientes Colaborativos e Multimídia Aplicada; Tecgraf (PUC RJ) – Tecnologia em Computação Gráfica; Processos & Linguagens Emergentes: Design & Tecnologia (SENAC/SP); Grupo de Tecnologias para interação (UNIFESP); Núcleo de Realidade Virtual (USP).	Sudeste
Sistemas Interativos e de Informação – SIN (UPF); Grupo de Realidade Virtual (PUC RS); LARVA (UDESC) – <i>Laboratory for Research on Visual Application</i> ; Grupo de Computação Gráfica, processamento de imagens e interação (UFRGS).	Sul

Quadro 1 – Identificação dos principais grupos de RVA brasileiros
(conclusão)

LabTEVE- (UFPE) – Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística; Natalnet – <i>Graphics and Midia Labs</i> (GML); Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual e Multimídia (UFPE); CRAb (UFC) – Computação Gráfica Realidade Virtual e Animação; VOXAR labs (UFPE)	Nordeste
--	----------

Fonte: Adaptado do portal da Sociedade Brasileira de Computação-CERV/SBC⁷ (2017).

É oportuno destacar que a maioria dos grupos e laboratórios do Quadro acima possui página de internet disponível no portal da CERV/SBC. Esta abordagem dos principais grupos que atuam com Realidade Virtual e Aumentada no Brasil e no mundo será retomado ainda neste capítulo e com informações coletadas em 20 (vinte) bases de dados do mundo inteiro. Essa análise mais ampla comportará também as teorias e linhas pedagógicas adotadas, pois é nessa parte do capítulo que as ferramentas computacionais predominarão.

2.1.1 A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino

Além dos grupos citados no Quadro 01 acima, encontrou-se outros trabalhos que fazem parte de diretórios de grupos do CNPq⁸ e dessa forma alguns também são citados neste levantamento. O grupo de Realidade Virtual e Aumentada (AVR) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), divulga tutoriais em português, mantém um repositório onde disponibiliza seus códigos e, principalmente, um projeto educar, onde os pesquisadores desenvolvem aplicativos para as aulas de cálculos tão comuns nas engenharias e nas demais graduações das áreas das exatas. Segundo os responsáveis pelo grupo AVR, as principais áreas de pesquisa do grupo são:

- Realidade Aumentada aplicada na educação
- Jogos usando Realidade Aumentada
- Criação de mundos virtuais
- Interfaces de Realidade Aumentada para Aplicações Gráficas de Computador

⁷ <http://comissoes.sbc.org.br/ce-rv/>

⁸ <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>

- Entretenimento Realidade Aumentada para robô de futebol

Vale destacar que as descrições dos projetos e os tutoriais são escritos, principalmente, em português. A importância na citação deste grupo reside na disponibilização deste aplicativo para o ensino de cálculo, chamado Quadrics e o mesmo é apresentado do seguinte modo:

Trata-se de um aplicativo projetado para a plataforma móvel *Android* como ferramenta de apoio ao ensino de cálculo nos cursos de graduação. O aplicativo apresenta, através do uso de realidade aumentada, seis superfícies quádricas: elipsoide, parabolóide elíptico, parabolóide hiperbólico, hiperbolóide de uma folha, hiperbolóide de duas folhas e cone cilíndrico. Dessa forma, o usuário pode manipular o dispositivo móvel e o marcador de maneira a obter uma visualização da superfície através de diferentes ângulos. (Grupo AVR – Universidade Federal de Juiz de Fora)

Figura 1: Aplicativo Quadrics



Fonte: UFJF – Grupo Educar (2017)

Um outro projeto interessante é o que utiliza Realidade Aumentada (RA) para estudos sobre bacias hidrográficas. Este projeto permite a modelagem topográfica com areia real, que é aumentada em tempo de execução por um mapa de cores de elevação, linhas de contorno simuladas. O sistema permite ensinar conceitos geográficos, geológicos e hidrológicos, tais como ler um mapa topográfico, o significado de linhas hidrográficas, áreas de captação, diques e etc. Este projeto é desenvolvido

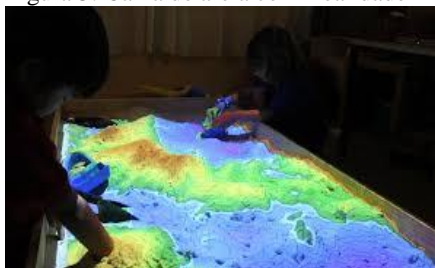
na Universidade da Califórnia nos Estados Unidos (UC Davis) e segundo o pesquisador responsável, Oliver Kreylos, *Augmented Reality Sandbox* (2016), trata-se da inspiração de uma *Sandbox AR* de um grupo de cientistas checos.

Figura 2: Caixa de areia “in natura”



Fonte: *Augmented Reality Sandbox* (2017)

Figura 3: Caixa de areia com Realidade Aumentada.



Fonte: *Augmented Reality Sandbox*⁹ (2017)

2.1.2 A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências

Aqui no Brasil, um exemplo de ensino de química mediado pelo uso de animações 3D e recursos de Realidade Virtual não-imersiva, vem de uma pesquisa¹⁰ de doutorado realizado no Instituto de Química da Unicamp, com repercussão em diversos países, deixando claro que a

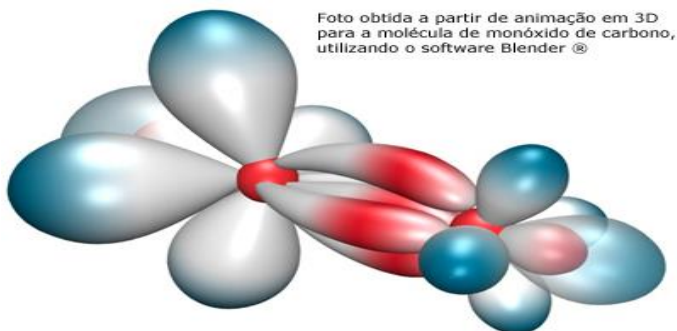
⁹ <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>

¹⁰ Tese de doutorado “Desenvolvimento e utilização de animações 3D no ensino de Química” – Manuel Moreira Baptista – Instituto de Química da Unicamp.

utilização de ferramentas computacionais pode proporcionar ótimos resultados para a educação brasileira e mundial. Essa pesquisa utilizou RV, explorou a potencialidade das animações em 3D e, deste modo, conseguiu reproduzir diversas reações químicas. Os temas abordados nas animações vão da teoria do orbital atômico, distribuição eletrônica, hibridização, teoria do orbital molecular, teoria de ligação de valência, teoria VSEPR¹¹, estruturas de Lewis, estruturas cristalinas dos compostos iônicos e metais (cela unitária, empacotamento e retículo cristalino), transformações químicas e polímeros.

Ainda em relação à utilização de animações 3D, o sucesso e o ineditismo mundial foram tão impactantes que os vídeos disponibilizados na internet já ultrapassam 1 milhão de visualizações e 360 mil *downloads* diretamente do endereço dedicado. A repercussão deve ao fato de ter se oportunizado a criação de objetos de visualização com tecnologias emergentes e que permitem grande interatividade do aluno com elementos que eram abstraídos anteriormente somente com leituras e experimentos laboratoriais, que nem sempre estão ao alcance de professores e alunos. Abaixo uma Figura feita a partir das reações químicas em 3D.

Figura 4: Molécula de carbono em 3D¹²



Fonte: Unicamp – Instituto de Química (2013)

¹¹ Teoria VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*) é baseada na repulsão dos pares de elétrons na camada de valência o que resulta nas geometrias mais estáveis e com menos repulsão entre os elétrons. Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/teoria-vsepr/>

¹² Fonte: <http://www.unicamp.br/unicamp/ju/583/animacoes-em-3D-tornam-ensino-de-quimica-mais-efetivo-e-prazeroso> – Acessado em agosto/2018

2.1.3 A Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Física

A área da física é contemplada com algumas iniciativas tecnológicas, tendo uma quantidade considerável de trabalhos publicados com esse enfoque, possivelmente pela necessidade de se trabalhar os diversos fenômenos estudados por essa ciência. A compreensão, modelagem e visualização das leis físicas, por exemplo, constituem grandes desafios para professores e alunos. Neste levantamento será apresentado um *software* desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), com a finalidade de trabalhar todo o conteúdo de física do ensino médio. Segundo Silva et al. (2008) o sistema computacional foi elaborado com técnicas de Realidade Virtual, utilizando estratégias da psicopedagogia fundamentadas no paradigma de mapas conceituais. O sistema simula um laboratório virtual que permite ao aluno aperfeiçoar seu conhecimento através da criação e análise dos experimentos físicos gerados.

O grupo responsável pelo desenvolvimento do *software* SEFIRV é multidisciplinar (engenheiro eletricitista, pedagogo, físico e artes). O envolvimento de especialistas de áreas distintas foi fundamental para a utilização de modelos pedagógicos cognitivos contemporâneos. Segundo Silva et al. (2008), o desenho pedagógico visou estimular a aprendizagem ativa, intencional, reflexiva e significativa dos aprendizes.

No campo tecnológico, a escolha foi pela Realidade Virtual (RV) não-imersiva e isso significa dizer que o manuseio do recurso computacional SEFIRV, mesmo sendo 3D, não se baseia no uso de óculos, luvas ou qualquer outro periférico comum na RV imersiva, onde o usuário interage com o sistema “mergulhado” nas cenas e com ações realísticas. O grupo optou por utilizar as linguagens VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e *JavaScript*. A ferramenta computacional foi constituída em três ambientes:

Primeiro ambiente: Formado por um sistema de organização de conteúdos por meio de organizadores gráficos conceituais (sistema em árvores), aproveitando o potencial deste sistema na eliminação de estruturas modulares, fragmentadas, lineares e unidimensionais comuns aos modelos tradicionais de ensino. Deste modo, serviram de guias para o ensino de conteúdos de forma multidimensional e interdisciplinar, fornecendo uma visão otimizada entre o todo e as partes conceituais a serem estudadas;

Segundo ambiente: Com foco na aprendizagem, foi desenhado para o aluno interagir com sistemas de simulações de fenômenos físicos, em RV, contextualizado com o nível de conhecimento do usuário. São

cenários com diversos objetos de aprendizagem com intuito de estimular a ação intencional, a reflexão e a aprendizagem significativa, como foi dito acima;

Terceiro ambiente: É um sistema tutorial que visa possibilitar ao aluno o gerenciamento da aprendizagem significativa e a compreensão dos conceitos envolvidos nos sistemas de simulações dos fenômenos físicos. Este sistema tutorial foi desenvolvido por meio de mapas conceituais referentes aos fenômenos físicos das simulações.

Figura 5 – SEFIRV (Sistemas de Experiências Físicas Instrucional em Realidade Virtual)



Fonte: <http://www.alexandre.eletrica.ufu.br/lab/> (2017)

Além da preocupação com o desenho pedagógico do *software*, os autores buscaram trabalhos relacionados que pudessem sedimentar as propostas tecnológicas e educacionais que estavam propondo/invencionando utilizar na confecção dessa ferramenta que nomearam como SEFIRV. Para tanto, se basearam numa ferramenta computacional para o ensino de óptica geométrica, idealizada pela Universidade do Estado de Mississippi (Estados Unidos da América). A ferramenta ou recurso computacional em questão se chama *WebTop*, mantido pelo Departamento de Física e Astronomia da *Mississippi State University*, desenvolvido em VRML e Java. É um sistema computacional que possui módulos e submódulos que utilizam simulações computacionais interativas, animadas e em 3D para apresentar os fenômenos físicos. É possível selecionar somente o conteúdo de óptica, por exemplo, num nível de usuário especialista, pois o manuseio do *WebTop* pressupõe conhecimentos prévios bem definidos, necessários para a análise e compreensão dos fenômenos dessa área específica da física. Segundo Silva et al. (2008) a estrutura pedagógica deste programa de computador não faculta ao usuário gerenciar a informação no intuito de buscar a compreensão dos conceitos e definições relacionadas ao fenômeno, muito menos o acesso aos conceitos necessários para

compreendê-lo. Essa é uma crítica feita por esses autores ao referido recurso digital, *WebTop*.

Uma outra iniciativa apresentada pelos autores do programa de computador SEFIRV, foi o Laboratório Virtual de Experiências de Física – LVEF. Segundo Cardoso (2002 apud SILVA et al. 2008), trata-se de um sistema de experimentos de física que permite ao usuário criar o seu próprio experimento, utilizando objetos dos ambientes virtuais em VRML e *JavaScript*. É interessante observar que tanto o WebTop quanto o LVEF utilizam as linguagens VRML e *JavaScript* e isso nos conduz ao entendimento dos autores terem optado por essas ferramentas computacionais na elaboração do *software* SEFIRV. Ainda segundo Silva et al (2008), o LVEF possui as seguintes características:

1. É um sistema próprio para o ensino direcionado por não possuir uma estrutura que permita autonomia do estudante sem intervenção do professor, no processo de autoaprendizagem;
2. O cenário virtual possui poucos objetos em sua biblioteca;
3. O LVEF simula apenas experimentos virtuais referentes à mecânica clássica.

Segundo Silva et al. (2008), de acordo com a avaliação dos usuários, o sistema apresenta-se como uma das principais contribuições para o uso dos processos pedagógicos integrados a técnicas de RV. A adoção de princípios e técnicas pedagógicas e as técnicas de RV exploradas indicaram uma maior motivação do usuário para o gerenciamento da informação e construção do seu conhecimento de forma mais intuitiva que outros tutoriais encontrados na literatura e na internet. (SILVA et al, 2008, p.10)

Os autores destacaram que a Realidade Virtual demonstrou um grande potencial para a área educacional, ainda mais estando aliada a processos pedagógicos.

2.1.4 A Realidade Virtual e Aumentada e as novas perspectivas com o uso de vídeos 360°

Notoriamente e com dados bem expressivos, a RVA vem conquistando cada vez mais espaços em eventos tecnológicos, na grande mídia e se destacando com aplicabilidades para diversos setores, nunca antes imaginado. Essa ascensão exponencial, sem dúvidas, é causada pelos inúmeros periféricos de imersão (óculos, fone de ouvido/capacete, *joysticks*, telas imersivas 3D e, principalmente, vídeos 360°). É possível

vermos filas intermináveis em feiras de tecnologias, com horas e horas de espera para testar óculos de RV, normalmente *headset* com *joysticks*. Esta grande procura ocorre, principalmente, na maior feira de eletrônicos do mundo (CES), que em 2016 aconteceu em Las Vegas – Estados Unidos. São nesses eventos que os detentores das maiores marcas de televisores, *games*, computadores e outros, aproveitam para lançar seus novos produtos e medir a aceitação do público. Recentemente, vimos a “febre” dos *Pokemons* no Brasil e no mundo, inclusive com alguns educadores tendo que improvisar e levar o jogo para a sala de aula, devido ao envolvimento e adesão dos alunos. Mas o que há de tão inovador? O que está por trás de tudo isso é o que mais se espera de um sistema de RVA, que é a interatividade por imersão.

Essa nova fase da Realidade Virtual e Aumentada (RVA), tem sido aplicada nos campos de ensino de diversas áreas: matemática, química, letras, física e outras. Existem grupos na Europa e Estados Unidos, principalmente, em Portugal onde pesquisadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto¹³ têm trabalhado com as pesquisas envolvendo *overlaying* (técnicas de escritas em vídeo 360⁰) voltados à engenharia, arquitetura e outras áreas, e um grupo da *Stanford University* (EUA) liderado pelo pesquisador Roy Pea¹⁴. Aqui no Brasil, alguns grupos de pesquisa estão trabalhando nessa nova perspectiva da Realidade Virtual e Aumentada imersiva e inclusive com uma proposta de utilização de vídeos 360⁰.

Abaixo, inicia-se a apresentação dos levantamentos feitos nas 20 (vinte) maiores bases de dados do mundo: Scielo, ERIC, Portal de Periódicos da Capes, Springer, Scopus, Google SCHOLAR, Research Gate, Highbeam Research, Scirus, Vadlo, World Wide Science, The Collection of Computer Science Bibliographies; RefSeek; Begell House digital library, Wiley on-line library, IEEE Computer Society, Nature.com, Science Direct, ELSEVIER e REDALIC.

2.2 Recursos digitais, teorias e as linhas pedagógicas dos principais grupos de pesquisa que se dedicam à Realidade Virtual e Aumentada no âmbito educacional

Neste item do Capítulo 2 foram catalogadas as produções de todos os grupos de pesquisa ligados aos centros de pesquisas das universidades de todos os portes e de natureza pública ou privada, reconhecidos pelos seus pares que são as entidades regulamentadoras de fomento às

¹³Mestrado em Tecnologias e Mídias: <https://goo.gl/328Fph>

¹⁴ <http://web.stanford.edu/~roypea/>

pesquisas. Aqui no Brasil, por exemplo, temos a CAPES que é apoiadora desta tese; temos o CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico) e as Fundações de Amparo à Pesquisa e Inovação Tecnológica, existentes em cada estado brasileiro. Este capítulo já apresentou nos itens anteriores alguns dados do Brasil e de outros países, apresentando inclusive os grupos existentes no nosso país. Optou-se por dar sequência a essa apresentação, pelo fato dos dados terem sido levantados e apresentados em julho de 2017, no XI ENPEC.

Como dito anteriormente, estes dados estão disponíveis nos anais deste importante encontro e são reproduzidos por aqui novamente, não pelo levantamento ter sido feito pelo autor desta tese, mas por se tratar de um “raio x” com foco nacional. Grupos e ferramentas que não foram contemplados ou catalogados neste levantamento feito e apresentado no evento citado, aparecerão por aqui, desde que seus trabalhos tenham sido publicados em uma das bases listadas acima. A proposta principal é identificar as ferramentas computacionais geradas por esses grupos e caso tenha levantamentos das produções bibliográficas disponibilizadas pelos próprios, as mesmas serão socializadas por aqui. A ideia é identificar as ferramentas geradas utilizando Realidade Virtual e Aumentada, com ou sem imersividade.

2.2.1 Dados dos levantamentos apresentados no XI ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências)

Os dados da pesquisa bibliográfica que foram apresentados no XI ENPEC, realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em julho/2017, foram levantados a partir de periódicos avaliados por pares. Utilizou-se o portal de periódicos da CAPES e a plataforma Sucupira para certificar as qualificações dos mesmos (Qualis Capes entre 2012 e 2014). Segundo o referido portal, alguns periódicos não estão com qualis 2015 disponibilizados e por este motivo optou-se pela análise do biênio anterior. Assim sendo, o levantamento levou em consideração todos os artigos publicados em periódicos analisados por pares e com qualis em ordem decrescente (do melhor qualificado (A1) ao menor valor de qualificação (C), de acordo com os resultados das buscas). Foram feitos os seguintes levantamentos utilizando busca avançada com o operador booleano “OR”:

- Artigos com Realidade Aumentada “OR” Realidade Virtual no título e em qualquer idioma, considerando que a palavra VIRTUAL tem grafia idêntica em português, espanhol e inglês. Analisaram-se os retornos e os qualis dos mesmos como explicitado acima. Os resultados

obtidos foram o seguinte: total de 219 artigos encontrados, sendo que 114 foram publicados sem qualis e não foram analisados.

- A busca avançada utilizando os termos Realidade Virtual e Aumentada “and” Ensino de Ciências no título do artigo retornou 0 (zero) ocorrência. Ao pesquisar somente em espanhol (*realidad virtual y aumentada “and” en la enseñanza de las ciencias*) o retorno foi o mesmo encontrado em português, 0 (zero) ocorrência. Finalmente, pesquisou-se com os termos em inglês (*Virtual and augmented reality and in science education*) e o resultado encontrado foi idêntico aos anteriores. Buscando por título contendo os termos exatos e com a terminologia usual para áreas fora do ensino, sem ocorrências da mesma forma.

- A busca avançada por periódicos com títulos que contenham (VR) *Virtual Reality “and” Science Education* teve o seguinte resultado: foram encontrados 23 artigos e somente 6 deles se enquadraram no levantamento. Quatro artigos em periódicos (A1); um artigo em periódico (B2) e um artigo em periódico (B3), totalizando 6 artigos com abordagem dedicada ao uso de Realidade Virtual e ensino de ciências. A busca por *Augmented Reality “and” in science education* retornou os seguintes dados: do total de 22 artigos analisados, 10 se enquadraram nos requisitos deste levantamento, sendo sete (7) publicados em periódicos A1, um (1) publicado em periódico C e dois (2) publicados em periódicos B1.

Esta parte do levantamento bibliográfico foi focada nos grupos e artigos brasileiros, com algumas referências em trabalhos desenvolvidos em outros países, mas tendo sempre o Brasil como meta principal na apuração e detalhamento. Buscou-se divulgar o que vem sendo feito para aproveitar o potencial da Realidade Virtual e Aumentada no ensino de ciências, sem deixar de publicizar o que vem sendo feito em outras áreas, ainda que de modo superficial. Acredita-se que o crescimento dessa área continuará de forma exponencial, bem como a presença de temas com este enfoque aparecerão cada vez mais nos encontros mundiais da área do ensino.

Vejamos as ocorrências encontradas nas demais bases, seguindo com os mesmos procedimentos de pesquisa. As informações serão colhidas preferencialmente em relação às produções de recursos tecnológicos gerados nos âmbitos dos grupos que atuam com Realidade Virtual e Aumentada nos segmentos educacionais. Ao se encontrar soluções em RVA, estes receberão um detalhamento maior devido a natureza deste trabalho. Não serão levados em consideração as produções de artigos, capítulos de livros (impressos ou no formato digital). Em relação aos grupos do exterior, o foco ficará nas ferramentas computacionais utilizadas na produção de *softwares* ou aplicativos (APP).

Os artigos serão fundamentais tão somente para a identificação e catalogação dos grupos e as filiações dos pesquisadores. Certamente, as contextualizações ocorrerão havendo necessidade e, neste caso, os artigos comporão as referências.

Abaixo, inicia-se a apresentação do levantamento feito nas 20 (vinte) maiores bases de dados do mundo, nomeadas no final do item 2.1.5. Dentre as bases, algumas já tinham sido consultadas no levantamento focado na produção brasileira, mas serão pesquisadas novamente com as palavras-chave ou extratores acima e somente no idioma inglês, como feito com as demais bases elencadas.

2.2.2 Levantamento feito por busca *web* direta

É oportuno destacar que o levantamento feito por busca *web* direta, resulta da utilização de uma ferramenta de busca, *google* e similares, sem o uso de extratores ou palavras-chave, nem tão pouco operadores booleanos, que são procedimentos adotados nas pesquisas em bases de dados científicas. Este procedimento decorre pelo conhecimento prévio do autor de alguns grupos e ferramentas com atuação no âmbito que essa pesquisa preconiza. Deste modo, optou-se pela busca *web* direta como primeira estratégia de registro. O principal objetivo é a caracterização dos grupos, suas ferramentas, parcerias com outros grupos ou outros aspectos relevantes não citados por aqui, mas que poderão surgir e requererem divulgação pelo grau de importância. Destacar-se-á as teorias e linhas pedagógicas adotadas e essa prática se repetirá com todas ocorrências encontradas. As bases que não forem listadas abaixo não apresentaram ocorrências do uso da Realidade Virtual e Aumenta no ensino de ciências. Enfatizamos novamente que a busca é pela produção de recursos computacionais gerados, e dados técnicos das implementações caso tenham sido disponibilizados. Certamente, essa etapa influenciará na criação do objeto de visualização da presente pesquisa. Essa prática da reutilização de componentes de *softwares*, que significa dizer um reaproveitamento dos avatares (termo definido anteriormente na página 40 e que certamente aparecerá outras vezes neste capítulo 2 e nos demais), evitando o retrabalho quando os mesmos têm uso facultado/liberado por seus autores. Essa prática é bastante comum na criação de ambientes em Realidade Virtual e Aumentada. Eis aqui a grande importância desses levantamentos dos grupos para nós desenvolvedores.

Não é nossa intenção tão somente aproveitar o que está disponível nas bases de dados, caso isso realmente venha ocorrer, mas sim contribuir para que novos objetos de visualização sejam criados a partir da

socialização do nosso trabalho e de terceiros, sendo possível e em caráter de proatividade. As buscas e socializações são marcas registradas destes levantamentos, onde não só os aspectos da área de ensino-aprendizagem nos interessam. A parte técnica é de extrema importância para todos que produzem recursos digitais. Vamos às ocorrências encontradas por busca *web* direta, enfatizando que o que acaba de ser dito é válido para todas as bases e repositórios que fazem parte deste capítulo 2.

A) *VIRTUAL SOLAR SYSTEM* (SISTEMA SOLAR VIRTUAL)
- *Center for Education Technology* (CET)

O primeiro registro vem de um grupo da *The Open University of Israel*, *THE VIRTUAL SOLAR SYSTEM* (O SISTEMA SOLAR VIRTUAL), um ambiente de aprendizagem para estudos de astronomia. Esta ferramenta nasceu de uma parceria envolvendo o *Center for Education Technology (CET) and Tel – Aviv University Science and Technology Education Center* (SATEC) - Tel-Aviv/ Israel. É um sistema 3D dinâmico interativo, acessado via CD-ROM, não imersivo. Segundo Yair, Mintz e Litvak (2001) este recurso digital ou plataforma, baseia-se em poderosas técnicas de visualização científica e pode ser utilizado como um ambiente virtual de ensino de astronomia.

A navegação feita em 3D e de forma dinâmica, permite ao aluno transitar no modelo virtual do mundo físico, viajar através dele com *zoom* interno ou externo, e isso vai moldando a perspectiva do aluno na medida em que o mundo virtual se constrói, a partir das interações do usuário. O contínuo movimento dos planetas permite a percepção de dia e noite, estações, eclipses e fases da lua, por exemplo. Ainda segundo os autores, o modelo permite uma poderosa experiência de aprendizagem e facilita a construção mental de espaço tridimensional. Argumentam que a plataforma auxilia na superação da visão geocêntrica comum aos jovens da educação básica, assegurando a transição para uma visão científica heliocêntrica do sistema solar.

Interessante destacar que o *Center for Education Technology* (CET), é um grupo que desenvolve diversos recursos tecnológicos educacionais e disponibiliza alguns em português, russo e espanhol. Atuam consideravelmente no desenvolvimento de livros eletrônicos (*e-book*), voltados para o que conhecemos aqui no Brasil como anos iniciais da educação básica.

A) Grupo da *Zurich University of the Arts*

Figura 6 – Voo virtual sobre São Francisco



Fonte: *Zurich University of the Arts* (2017)

A Figura 6 acima, mostra uma experiência com Realidade Virtual imersiva feita pelo grupo da *Zurich University of the Arts*. Essa universidade suíça faz diversos experimentos com RV imersiva, e neste voo virtual utilizaram uma plataforma que produz estímulos sensoriais, que é o que pode ser visto nas mãos e no tórax da pessoa, complementando a sensação de voo com o ventilador. A imagem à direita apresenta os estímulos recebidos pelos olhos, através dos óculos VR durante o sobrevoo e em forma de espelhamento, imagem repetida nos visores que auxiliam na sensação de deslocamento e mergulho no espaço virtual. Não se utilizou equipamentos sofisticados, mas realizaram a experiência imersiva como programado. Esses experimentos deste grupo são utilizados por diversas áreas, porém o foco das pesquisas é no ensino de Artes.

C) Laboratório UM3D - *Michigan University*

Um outro grupo interessante encontrado por intermédio da busca *web* direta, num artigo intitulado *Virtual Reality in the Chemical Engineering Classroom*¹⁵, dos autores John T. Bell, H. Scott Fogler (1998), pertence à *Michigan University*, mais precisamente ao curso de engenharia química. Este grupo realizou diversos experimentos impensáveis nos campos físicos, como a dinâmica de reatores, reações moleculares e com salas imersivas e experimentos que permitiam aos alunos e professores obterem um grande grau realístico sem riscos físicos e desperdício de matéria prima. Este laboratório funcionou de 1993 até

¹⁵ Reprinted from *Proceedings of the 1998 ASEE Annual Conference and Exposition, American Society for Engineering Education, Seattle, WA, June 28-July 1, 1998.*

2008, tendo sido remodelado e originando um complexo maior de laboratórios e que atende toda universidade. Por ser uma instalação de serviço interdisciplinar, o laboratório UM3D fornece a toda a comunidade da Universidade de Michigan, acesso às ferramentas, conhecimentos técnicos e oportunidades colaborativas necessárias para apoiar pesquisas de ponta, iniciativas acadêmicas e usos inovadores da tecnologia nas áreas gerais de: ensino aprendizagem; visualização e simulação; digitalização e impressão 3D; captura de movimento e desenvolvimento personalizado de ferramentas e aplicativos. O pesquisador pode requisitar os serviços de desenvolvimento, sem a obrigatoriedade de dominar uma técnica ou linguagem de programação para conceber um objeto de visualização, por exemplo. As soluções são pensadas e executadas sempre da forma interdisciplinar e essa é uma visão interessante do uso da Realidade Virtual e Aumentada no ensino.

D) Grupo do Departamento de Arqueologia da *Uppsala University* – Suécia

O grupo de arqueologia e história antiga, realiza uma tarefa de reconstrução histórica da região *Escandinávia*, mais especificamente na *Old Uppsala*, onde se encontram os restos de uma das propriedades reais mais fascinantes da Idade do Ferro. No local havia inúmeras casas e edifícios, e os visitantes tinham que imaginar e reconstruir a região mentalmente a partir de esboços, fotos e objetos remanescentes da época. O grupo criou um aplicativo chamado “História Aumentada – *Gamla Uppsala24*” e conseguiu recriar a história através de expedições virtuais dos visitantes.

Segundo o grupo, *Uppsala* é um local histórico da Suécia, conhecido por seus diversos túmulos e por ser o antigo lar dos reis, com pontos que mereciam a reconstrução, ainda que virtualmente e com a ajuda da Realidade Aumentada. Os pesquisadores da Universidade de Uppsala, em parceria com *designers* de jogos e desenvolvedores de *software*, criaram um aplicativo para *tablet* e *smartphone* que além de ajudar na reconstrução histórica do local, permite a coleta de objetos arqueológicos virtuais e o visitante pode coletá-los em uma bolsa e ao mesmo tempo receber informações sobre os mesmos. Essas são palavras ditas pelo pesquisador John Ljungkvist do Departamento de Arqueologia e História Antiga da *Uppsala University*.

Interessante destacar que se trata de mais um grupo que atua de forma interdisciplinar, buscando apoio e parcerias em outras áreas e com inspiração nos jogos. Como o próprio pesquisador citou, a inspiração veio do *Pokemon Go* que é um jogo que utiliza Realidade Virtual e

Aumentada. Um outro ponto importante é a integração e exploração de recursos comuns na maioria dos *smartphones* e *tablets*, como GPS e bússola e que foram utilizados para o georreferenciamento dos objetos, por exemplo. O aplicativo é utilizado como recurso digital educacional e de entretenimento, totalmente gratuito e disponível nas lojas de aplicativos de máquinas que utilizam sistema operacional IOS. Este ponto das tecnologias envolvidas é de fundamental importância e será tratado no capítulo 5, que fará a apresentação do aplicativo RVA_360.

E) Grupo do Departamento de Informática da “*University of Piraeus – Greece – Software: VR_ENGAGE*”

O grupo criou um *software* de Realidade Virtual dedicado ao ensino de geografia. Os pesquisadores que idealizaram o VR_ENGAGE argumentam que os jogos de computadores (*pcs*, *laptops*, *tablets* e *smartphones*) tornaram-se parte da cultura das crianças. Os jovens se sentem bastante felizes em passar muitas horas jogando apenas por diversão. Por outro lado, o currículo educacional pode parecer bastante seco para crianças e adolescentes (VIRVOU et al 2002, p.427). Segundo os autores, VR-ENGAGE é um jogo de realidade virtual que foi construído para o ensino de geografia de forma motivadora. Assim, os efeitos cativantes dos jogos eletrônicos podem atuar favoravelmente para fins educativos. Ainda segundo os mesmos, o jogo é enriquecido com mecanismos de modelagem estudantil que garantem a individualização da interação. O artigo VR-ENGAGE: *A Virtual Reality Educational Game that Incorporates Intelligence* reflete fielmente as preocupações dos desenvolvedores de recursos digitais educacionais. É extremamente complexo encontrar a conexão pedagógica e adaptar a história de jogos educacionais (*serious games*) ao universo tradicional que os jovens estão acostumados. Caso o recurso gerado não desperte nos aprendizes o mesmo ou próximo do que estão habituados encontrar nos jogos sem propostas educativas, a probabilidade do insucesso é bem real. A aposta do grupo foi feita em cima de uma proposta envolvendo agentes animados e com modelagem individualizada pelo próprio aprendiz. O VR-ENGAGE foi avaliado e a aceitação por parte dos aprendizes foi muito alta, segundo relatam os autores no artigo citado.

F) Grupos do Massachusetts Institute of Technologies - MIT *Scheller Teacher Education Program / Education Arcade*

Os Grupos denominados MIT *Scheller Teacher Education, Program Education Arcade*, como descrito no próprio portal do Arcade

Program, são profundamente enraizados na tradição do MIT, bem como no trabalho de Seymour Papert. Como foi dito no item 2.1 deste capítulo, Papert foi um dos fundadores do Media Lab onde criou o *software* Logo, um dos primeiros *softwares* educativos do mundo. *The Education Arcade* e *Scheller Teacher Education Program* trabalham incansavelmente ao longo dos anos para impactar o ensino e a aprendizagem.

Os grupos disponibilizam diversos recursos digitais. A maioria dos aplicativos são interligados ou são guarda-chuva para outros projetos menores. Um exemplo é o iCSI (*informal Community Science Investigator*) que é um projeto baseado em pesquisa científica, projetado para envolver os jovens na ciência enquanto jogam. São jogos para tecnologias móveis (*tablets* e celulares) que utilizam realidade aumentada e mecanismos para ajudar os jovens a explorar e interagir com coleções em jardins zoológicos e botânicos, museus e outros espaços de educação não formais.

Os grupos disponibilizam no mesmo formato o *TaleBlazer*, que é um ambiente de *software* baseado em blocos para criar e jogar jogos de Realidade Aumentada (RA) com base em localização.

O uso mais frequente da RA, possivelmente, ocorre por explorarem bastante o georreferenciamento e pela possibilidade de prover a imersividade, já que os aprendizes montam seus blocos, localizam objetos e vão se envolvendo, criando os jogos com muita dedicação. É provável que este seja o grupo mais experiente apresentado por aqui e isso se deve ao fato de desenvolverem recursos tecnológicos educacionais, historicamente, desde a década de 1970. Os grupos não são dessa época, mas outros laboratórios do MIT, como o *Media Lab* por exemplo e a Linguagem LOGO, são iniciativas dos anos 70 e com a participação direta de Seymour Papert, que se inspirou nas propostas construtivistas piagetianas.

G) Grupo da Universidade de Harvard - *River city Research e EcoMUVE*

O percurso do grupo de pesquisadores da Universidade de Harvard que se dedicam às tecnologias educacionais, mais especificamente com a modelagem 3D e o uso da Realidade Virtual e Aumentada, tem como principal marca o envolvimento de outras instituições de pesquisa dos EUA e de outros países como Canadá, México e mais recentemente Hong Kong. Criaram uma parceria com uma empresa chamada *Activeworlds*, tendo essa ficado responsável pela criação e manutenção da plataforma que receberia todos recursos computacionais gerados no Projeto River City. Tudo começou em 1995, quando a ideia central dos pesquisadores

consistia na criação de um ambiente de simulação computacional interativa para alunos de ciências de nível médio, visando a aprendizagem investigativa científica e o domínio básico das tecnologias do século XXI.

O suporte financeiro vinha da *National Science Foundation* (NSF), com a exigência da manutenção dos padrões nacionais da educação científica e tecnológica, de acordo com os dados históricos do *River City Research* que foi o maior projeto tecnológico educacional da *Harvard University*, indo de 1995 a 2009.

O projeto foi tão forte durante o período citado, por contemplar o ensino de ciências de diversas escolas americanas e de outros países, mas necessitava de financiamento da NSF, para que a empresa *Activeworlds* pudesse continuar administrando os servidores, cuidando dos acervos digitais e do funcionamento da plataforma como um todo. O apelo educacional pela continuidade do projeto foi muito grande, principalmente pelo fato que o aspecto videogame sensibilizava, movia e engajava cada vez mais alunos. As atividades e tarefas do *River City Research* já fazia parte do currículo escolar de diversas cidades e províncias. As mobilizações aconteciam frequentemente, sempre visando a continuidade do mesmo no ano letivo seguinte, mas a descontinuidade que muitos temiam aconteceu. O interessante é que o grupo não se desmobilizou e nem se desmotivou e logo em seguida criaram o Projeto EcoMUVE.

Na verdade, os sinais de encerramento do *River City*, mesmo com diversas ideias para manter a plataforma operacional, corroborou para a criação de um ambiente interativo com Realidade Virtual e Aumentada (RVA) e os primeiros passos para este novo projeto foram dados em 2008, com uma bolsa de pesquisa financiada pela *National Science Foundation* (NSF).

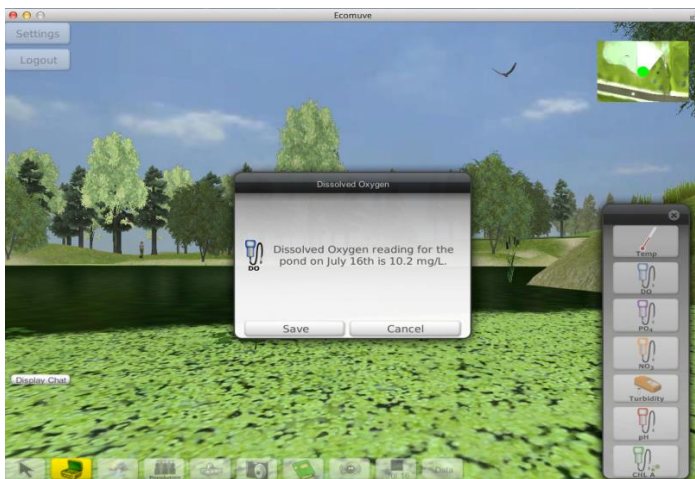
O EcoMUVE usa ambientes virtuais multiusuários (MUVEs), com aparência dos *videogames* (mesmos princípios do *River City*), para ajudar os estudantes do ensino médio a obterem uma compreensão mais profunda dos ecossistemas, pesquisas científicas e padrões casuais. Os MUVEs recriam configurações ecológicas autênticas nas quais os alunos exploram e coletam informações. Os alunos trabalham individualmente em seus computadores e colaboram em equipes no mundo virtual. EcoMUVE inclui dois módulos, Pond e Forest; cada módulo é um currículo de ecologia de duas semanas baseadas em questionários e requisições da própria comunidade de usuários. O EcoMUVE, na Figura 7 abaixo, recebeu o prêmio de primeiro colocado na categoria de aprendizagem interativa e imersiva na conferência da Associação de

Comunicação e Tecnologia Educacional de 2011, e recebeu apoio contínuo da *National Science Foundation* e da *Qualcomm Wireless*.

De acordo com uma entrevista do *Institute of Education Science* (IES), com os principais pesquisadores que atuaram na criação do EcoMUVE, Chris Dede e Shari Metcalf, os alunos começam a ter uma ideia do ecossistema e seus relacionamentos através de pistas sensoriais táctis.

“É uma caminhada ascendente da lagoa para o desenvolvimento da habitação, e os alunos podem caminhar ao longo de uma vala de drenagem e através do tubo onde o escoamento flui para a lagoa. A lagoa torna-se visivelmente esverdeada durante a floração de algas” - (CHRIS DEDE e SHARI METCALF, 2011)

Figura 7 – EcoMUVE



Fonte: <http://ecolearn.gse.harvard.edu/> (2017)

H) Grupo do projeto AR-sci (*Augmented Reality for Science Education*)

O referido grupo é formado por instituições de quatro países, Dinamarca, Espanha, Inglaterra e Noruega, representados por: *VIA E-Learning and media (Coordinator)*, *VIA University College*, *Supercomputing Centre of Galicia (CESGA – Spain)*, *Oslo and Akershus University College of Applied Sciences (HIOA)*, *Company for education*

and Research Solution (Jisc – Bristol UK), Centro Público Integrado O Cruce (CPI O' Cruce – Spain).

No artigo, *Augmented Reality for Science Education* Brandt et al (2011),¹⁶ os autores ao apresentarem o projeto AR-sci, argumentaram que a Realidade Aumentada (RA) é uma grande promessa como ferramenta de aprendizagem, mas a maioria das pesquisas analisaram até então a tecnologia em si e por este motivo o olhar predominante sobre a mesma ainda é com objetivos comerciais.

Ainda segundo os autores, o projeto AR-sci, tem como principal foco a aplicação da Realidade Aumentada em perspectivas que buscam ofertar uma educação científica inovadora e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade dos processos de ensino-aprendizagem de ciências. As pesquisas são desenvolvidas pelos quatro países simultaneamente, ou não, mas sempre apoiada e validada por todos pesquisadores das universidades envolvidas. Assim como os projetos anteriores, o AR-sci tem uma empresa especializada no desenvolvimento computacional que participa do grupo que é a Jisc e com isso os pesquisadores das ciências educacionais não são responsáveis por criarem e dominarem técnicas de programação para proporem ou gerarem recursos digitais. Importante observamos que os grupos atuam interdisciplinarmente e certamente, esta é a forma mais desejada para a criação de recursos digitais ancorados no potencial da Realidade Virtual e Aumentada.

Com este grupo responsável pelo projeto *AR-sci*, encerra-se as ocorrências encontradas pela busca *web* direta.

Quadro 2 – Resumo das principais características dos grupos encontrados por pesquisa *web* direta (continua)

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
<i>Center for Education Technology (CET)</i> - Israel	<i>Virtual Solar System</i> (sistema solar virtual)	Ensino de ciências em todos os níveis.	Contempla diversas abordagens de ensino-aprendizagem.

¹⁶ <https://goo.gl/w5WUCj> - endereço encurtado do artigo “*Augmented Reality for Science Education*”

Quadro 2 – Resumo das principais características dos grupos encontrados por pesquisa *web* direta (continuação)

Grupo da Universidade de <i>Harvard - EUA</i>	<i>River city Research e EcoMUVE</i>	Ensino de Ciências	Construtivismo e construção curricular baseada em pesquisa científica. Foco no modo como os alunos veem e constroem suas inferências a partir das investigações científicas.
<i>Center for Education Technology (CET) - Israel</i>	<i>Virtual Solar System</i> (sistema solar virtual)	Ensino de ciências em todos os níveis.	Contempla diversas abordagens de ensino-aprendizagem.
Laboratório UM3D – <i>Michigan University – EUA</i>	Criação de objetos de visualização, modelagem 3D e simulações	Engenharia Química e demais áreas do ensino superior da <i>Michigan University</i>	Abordagem construtivista e com ênfase em interdisciplinaridade.
Departamento de Informática da <i>University of Piraeus – Greece</i>	<i>Software VR_ENGAGE</i>	Ensino de Geografia	Construtivismo, modelização e a Teoria da Razão Plausível “Plausible Reasoning theory”, conhecida pela sigla HPR ¹⁷ por potencializar a modelização a partir das respostas dos alunos.

¹⁷ <https://goo.gl/nKA5x9> (endereço para o artigo sobre a HPR e o aplicativo VR-Engage)

Quadro 2 – Resumo das principais características dos grupos encontrados por pesquisa *web* direta (conclusão)

<p><i>Grupo do projeto AR – sci (Augumented Reality for Science Education) - Dinamarca, Espanha, Inglaterra e Noruega.</i></p>	<p><i>AR – sci (Augumented Reality for Science Education)</i></p>	<p>Ensino de Ciências</p>	<p>Adotam a aprendizagem por investigação científica, mesmo estilo do grupo de Harvard. Por envolver três países com cultura e idiomas distintos, provavelmente um desses países participantes adotam alguma linha pedagógica específica. O grupo não particulariza e toda divulgação/produção representa o coletivo.</p>
<p>Departamento de Arqueologia da <i>Uppsala University</i> - Suécia</p>	<p>“História Aumentada – <i>Gamla Uppsala24</i>”</p>	<p>Ensino de História</p>	<p>O foco constante é em interdisciplinaridade e na interação homem meio ambiente.</p>
<p><i>Zurich Universisty of the Arts</i> - Suíça</p>	<p>Experimentos com criação e personalização de óculos de RV.</p>	<p>Artes e diversas outras áreas de ensino. Interdisciplinaridade.</p>	<p>Construtivismo, modelos mentais e gamificação com aprendizagem criativa.</p>
<p><i>MIT Scheller Teacher Education Program / Education Arcade</i> - EUA</p>	<p><i>Software TaleBlazer</i></p>	<p>Ensino em diversas áreas</p>	<p>Construcionismo de Seymour Papert e o construtivismo piagetiano.</p>

2.2.3 Levantamento feito na base de dados *Google SCHOLAR*

Adotou-se com a base de dados *Google SCHOLAR*, procedimentos de buscas com extratores ou palavras-chave: *VR Group*, *AR Group*, *AVR Group*, *Education Technology Group*, *Virtual Reality in Science Education*, *Augmented Reality in Science Educational*. As ocorrências aparecerão, na ordem que surgirem e os procedimentos serão adotados e repetidos com todas as demais bases. Não se listará separadamente, primeiro *VR Group*, depois *AR Group* [...], para evitar a sobrecarga cognitiva. O principal objetivo é a caracterização dos grupos, suas ferramentas, parcerias com outros grupos ou outros aspectos de grande relevância, não citados por aqui, mas que poderão surgir e requerem divulgação pelo grau de importância. Abaixo, os grupos e as suas linhas teóricas e pedagógicas encontradas por intermédio desta base:

A) Grupo de pesquisa da *University of Central Florida (UCF) – Institute for Simulation and Training (IST)*

A UCF, criou em 1982, o seu Instituto para Simulações e Treinamentos (IST) focado em atender as demandas educacionais e comerciais das comunidades públicas e privadas. O IST desenvolve soluções para diversas áreas, gerando *hardware* e *software* que otimizam os simuladores disponibilizadas pelas indústrias e com treinamentos vinculados às forças armadas americanas, por exemplo.

As frentes de pesquisas do IST-UCF diferem dos demais grupos por dois aspectos:

1 – Atuam simultaneamente em produção de *hardware* e *software*, mas deixam claro que seus produtos são voltados para melhorias dos aparatos lançados pelas indústrias. Uma cultura bem diferente dos grupos anteriores, principalmente os do nosso país, que dedicam exclusivamente as áreas acadêmicas e não ousam na criação ou aprimoramentos de *hardware* e mantêm foco exclusivo na área de desenvolvimento de *software*;

2 – A simulação prioriza a cognição humana e, especialmente, as implicações pertinentes aos sentidos táteis. Por este motivo, o grupo cria suas soluções de forma interdisciplinar, inclusive com a participação de outras áreas computacionais como a IHC (Interface Homem Computador) e com atenção destacada para pesquisas que envolvem *Haptic Technologies* (termo utilizado para tecnologias de sensoriais ou sensíveis ao toque “*touch*”). Abaixo algumas ações do IST-UCF:

Interactive Reality Laboratory – Laboratório de Realidade Virtual e Aumentada do IST-UCF, onde são realizadas as imersões em ambientes virtuais dos militares, principalmente, mas não prioritariamente. Este

laboratório é composto por professores de diversas áreas computacionais e de outras áreas científicas. A visualização é tratada com muita prioridade por este grupo. Existem algumas breves apresentações escritas sobre os diversos recursos computacionais gerados pelo (IRL), como o **GamePAB**, sendo as atividades militares predominante.

Software GamePAB: mede a proficiência de um indivíduo em videogames de perspectiva de primeira pessoa com base em três tarefas críticas do jogo: (a) locomoção (teclado), (b) controle de visão/objetivo (*mouse*) e (c) comunicação/multitarefa (auditiva/verbal). O **GamePAB** pode ser usado com a Medida da Experiência do Jogo (GEM), um questionário que coleta a experiência do jogo que um usuário possui, para explorar a usabilidade de diferentes interfaces de simulação baseadas em jogos, por exemplo, como a proficiência do jogo está relacionada à facilidade de uso e satisfação de novatos, especialistas ou ambos. Eles também podem identificar as deficiências dos usuários para tornar mais eficaz um exercício de treinamento baseado em jogos, por exemplo, onde o treinamento de simulador é necessário.

Uma das pesquisas do *Interactive Reality Laboratory* (IRL) é a simulação multimodal, mostrada na Figura 8 abaixo, que se refere ao desencadeamento de todos os sentidos de um ser humano dentro de um ambiente virtual, aumentado ou misto (RA ou RVA). Um típico videogame que inclui pistas visuais e auditivas. Analisam as dicas hápticas e olfativas. Em todos os sentidos, e as variáveis investigativas podem variar de um simulador de RV totalmente imersivo para jogos de vídeos portáteis ou de mesa, e até mesmo treinamentos baseados em funções hápticas.

Figura 8 – Simulador modal



Fonte: <https://www.irl.ucf.edu/index.php/research> (2017)

B) Grupos da Indiana *Bloomington University - Center for Research on Learning and Technology (CRLT)*

O CRLT é um centro de pesquisa e aprendizagem tecnológica, pertencente à Universidade Indiana Bloomington, localizada no estado americano de Indiana e na cidade que dá o nome à mesma. Este centro é estratégico, pois além dos diversos grupos de pesquisas em recursos tecnológicos, lidera um dos maiores projetos do mundo na área chamado Quest Atlantis e que será apresentado no próximo item.

A missão do Centro de Pesquisa em Aprendizagem e Tecnologia é estudar e desenvolver ambientes de aprendizagem e promover a pesquisa e a prática, abordando desafios que convergem no âmbito da pedagogia, tecnologia, teoria da aprendizagem e as demandas de conhecimento do século XXI. (Portal do CRLT¹⁸- tradução do autor)

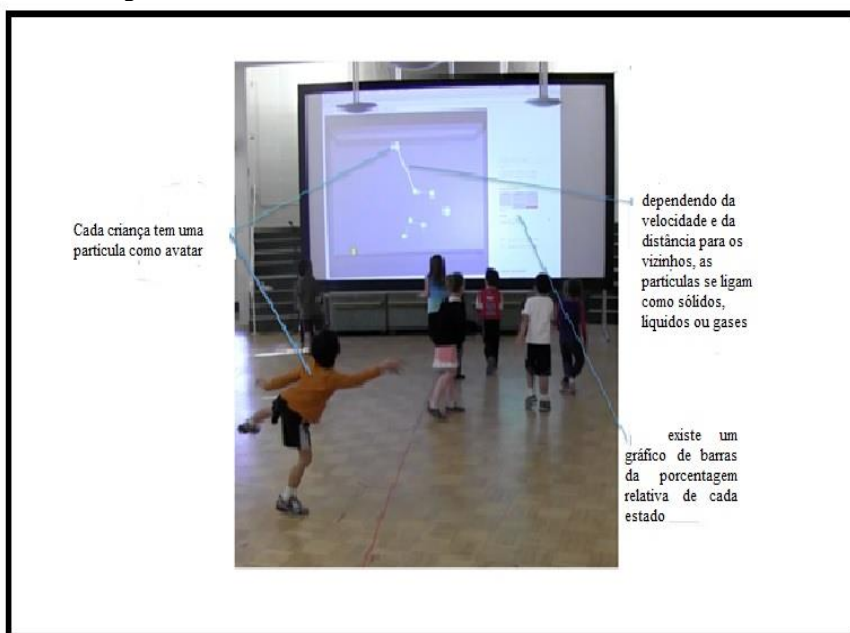
O referido centro atua em diversas frentes, mas o foco principal é a tecnologia educacional e o projeto 3D – VLE, desenvolvido nos contextos dos grupos associados Quest Atlantis. Outros projetos de destaque do grupo, tão quanto este feito em parceria com diversas universidades, também aparecem com alguns detalhes no portal. Dentre eles, encontra-se o projeto (*Interactive Science Through Technology Enhanced Play*) - iSTEP, traduzido literalmente como Ciência Interativa Através de Tecnologia de jogo melhorado, onde a questão de pesquisa é a exploração do papel do corpo nas atividades físicas e na aprendizagem através do modelo de um novo gênero de tecnologias de aprendizagem apropriadas para o desenvolvimento das crianças. Em vez de apoiar a aprendizagem dos estudantes individualmente, como muitos recursos tecnológicos atuais fazem e, com isso, a criança pouco ou nada interage e socializa com os demais. O projeto oportuniza atividades abrangentes que envolvem salas de aula inteiras de estudantes que juntos modelam fenômenos científicos usando os movimentos dos seus corpos.

Segundo o relato de uma apresentação prática do iSTEP, por exemplo, um professor pode realizar uma atividade que estimule os alunos a usarem seus próprios corpos para modelar um estado de matéria. Podem escolher o estado líquido, que é composto de muitas partículas em movimento, e os próprios alunos assumirem as representações/funções das moléculas. Este simples exercício de integração da turma, ajuda a melhorar tecnologicamente esta atividade para otimizar a aprendizagem.

¹⁸ <https://crlt.indiana.edu/>

Abaixo são apresentadas duas Figuras com os alunos em atividades interativas, criando seus avatares em tempo real. Avatares são as personificações de um ou mais jogadores num ambiente de Realidade Virtual e Aumentada, podendo ser um boneco com as mesmas características humanas ou um outro objeto que será controlado e manipulado por um dos jogadores no processo de interação com os demais. É interessante, pois num processo de criação ou modelagem, o jogador de qualquer faixa etária busca passar as suas características para o seu avatar, ainda que seja somente no estilo da roupa ou cabelo.

Figura 9 – O estado da matéria e seus avatares



Fonte: adaptado do portal CRLT¹⁹ (2017)

No portal do projeto é possível inferir que a sala faz parte da plataforma STEP de código aberto do próprio projeto e que existem sensores para rastrear os movimentos de até 12 crianças em um espaço de

¹⁹ <https://crlt.indiana.edu/projects/istep/index.html>

oito (8) metros quadrados. As crianças entram no espaço, recebem um avatar (ou seja, eles se tornam uma partícula de água), e esse avatar os segue enquanto se movem pela sala. Os avatares das crianças são então imersos em uma simulação virtual que é programada para imitar o conceito científico que estão aprendendo. Neste caso, o estado da questão da água (por exemplo, sólido, líquido ou gasoso) é determinado pela rapidez com que as crianças se movem e a distância relativa entre elas. Isso permite aos alunos descobrirem as leis que regem as mudanças do estado através de sua atividade colaborativa. Os alunos também podem usar a interface para anotar a simulação e criar representações da atividade de seus pares, ajudando todos a refletir sobre os princípios subjacentes inerentes ao sistema. No último ano, estes alunos serão integrados para desenvolver uma visão mais profunda sobre como eles podem ser melhores utilizados para apoiar a criação dos modelos de ambientes de aprendizagem que se baseiam em sistemas de RVA ou realidade mista conforme o termo adotado pelos responsáveis pelo projeto.

A) Grupos associados – *Quest Atlantis*

O Quest Atlantis é uma proposta de aprendizagem colaborativa que uniu diversas universidades, centros de pesquisa e empresas de desenvolvimento de *software*, na mesma época do *River City* que deu origem ao EcoMUVE (Projetos da Universidade de *Harward*, citados acima no item G das ocorrências por busca *web* direta). Assim como os projetos da *Harward University*, o Quest Atlantis também recebeu apoio financeiro da *National Science Foundation* – NSF e a parte de criação do ambiente computacional ficou a cargo da mesma empresa chamada *Activeworlds*. As coincidências não param por aí, pois ambas iniciativas foram descontinuadas. Foram projetos da década de 90 que se estenderam até a primeira década dos anos 2000, sendo que existem alguns subprojetos vinculados ao *Quest Atlantis* que ainda estão ativos. É importante contextualizar as ações e as universidades envolvidas nesses grandes grupos associados, pois são as mesmas que impulsionam e geram demandas para as empresas que criam jogos com tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada e a maioria delas criam seus próprios centros de pesquisa e desenvolvimento em recursos educacionais digitais a partir dessas experiências. Exemplo disso é o *Center for Research on Learning and Technology* (CRLT) – *Indiana Bloomington University*, citada no item B acima (ocorrências da base *Google Scholar*) e que foi a principal articuladora do *Quests Atlantis*. Antes de falarmos das demais universidades e empresas que compõem o grupo associado deste projeto

guarda-chuva (este termo lhe cai bem), convém apresentar um pouco dos objetivos e ideias que nortearam as primeiras edições do *Quest Atlantis*.

Segundo o portal “que ainda está *on-line*”, a ideia era unir jovens estudantes de diversas regiões dos Estados Unidos, dispostos a salvarem a Atlântida e sua civilização que enfrentariam desastres iminentes. Mesmo tendo um avanço tecnológico considerável, o planeta Atlântida estava sendo destruído lentamente. As lideranças do planeta ameaçado criaram um ambiente virtual chamado OTAK, cuja principal função era atuar como um portal tecnológico responsável pela ligação entre a Atlântida e outros mundos ou planetas. Tudo isso por intermédio de um espaço 3D virtual e um portfólio personalizado disponível na internet. Através do OTAK, pessoas de outros planetas poderiam ajudar o conselho formado pelas lideranças de Atlântida, com missões compartilhadas, sabedoria, experiência e esperança. Cada mundo ou planeta era formado por várias aldeias que apresentavam uma série de desafios chamados *Quests*.

É oportuno destacar que nenhum jogo ou recurso digital que utiliza Realidade Virtual e Aumentada obterá êxito se não tiver um enredo por trás da proposta, ainda que seja ficção como na maioria, mas misturando elementos reais e anseios do mundo contemporâneo. A presença de elementos atuais (ruas, veículos, vestimenta dos avatares e etc) são ótimos recursos para se trabalhar a parte lúdica, possibilitando que a aceitação ocorra com mais naturalidade. O usuário precisa se reconhecer com as características dos cenários e, assim sendo, deixará que a imersão ocorra com mais realismo e espontaneidade. Essa estratégia foi implementada na ferramenta RVA_360, objeto de visualização desta pesquisa de tese, principalmente nos detalhes das motos e inclusive com possibilidades do usuário realizar manobras que mexem com a memória sensorial e os sentidos que auxiliarão a memória de longo prazo nos processos de transformação de instruções e/ou informações em aprendizagem. Os esquemas são denominações das alterações criadas ou ampliadas na memória de longo prazo. Se nada for transferido ou modificado, significa que não houve aprendizagem. Essas informações serão apresentadas e trabalhadas nos capítulos seguintes dos referenciais teóricos e nos demais dedicados à criação e manuseio do *software* RVA_360. Essa nomenclatura surgirá mais vezes no decorrer dos capítulos que compõem este trabalho.

Retornando ao foco dos projetos em análise, um ponto que precisa ser frisado é o que diz respeito à descontinuidade, uma consequência natural no mundo das tecnologias, já que a renovação e o surgimento de

novos recursos estão aí para novas propostas e desafios o tempo todo. Vejamos quais foram ou são as universidades e empresas que participaram deste importante grupo associado:

- *School of Education* - Indiana University Bloomington
- *Center for Research on Learning and Technology (CRLT)*
- *National Institute of Education - Instructional Science*

Academic Group

- *The Academic Edge, Inc.*
- *Activeworlds Inc.*
- *School of Education – University of Miami*
- *Research Into Technology Education - School of Maths,*

Science & Technology Education: Queensland University of Technology
- Austrália

• *Centre for Instructional Design and Technology - Open University Malaysia*

É importante destacar que todos os centros (grupos associados) tinham a mesma estrutura e os estudantes precisavam se cadastrar, procurar os professores supervisores ou mentores. Estes delegavam as atividades que seriam feitas via internet colaborativamente com as demais “aldeias” e lideranças de outros mundos cadastrados no OTAK. Lembrando que as tarefas e missões que recebiam eram denominadas de *Quests* e consistiam em desafios e barreiras que tinham que ser vencidas localmente e interação com os mundos virtuais 3D criados e conhecidos como 3D – VLE (Ambientes Virtuais de Aprendizagem colaborativa). Os grupos associados são os seguintes:

D) Grupo de pesquisa da University of California - Berkeley (Exclusive Students Group)

Foi uma grata surpresa constatar que um dos grupos de pesquisa em RVA da Universidade de Berkeley (uma das mais conceituadas universidades dos Estados Unidos), é formado exclusivamente por estudantes. O portal pertence à universidade, a sede e os equipamentos, mas toda e qualquer atividade é pensada e gerenciada por estudantes. O engajamento garante a atração de diversos patrocinadores, inclusive uma empresa chamada Immrex que fez a doação de um laboratório completo de equipamentos de última geração para o Centro de Cognição Aumentada “*Center for Augmented Cognition*” da universidade e que será apresentado no próximo item.

O *VR-Group* tem uma agenda constante de cursos e treinamentos em plataformas de Realidade Virtual e realizam diversos projetos, perpassando inclusive por imersividade em cinemas. Os avatares, mundos

virtuais, apostilas e materiais didáticos são disponibilizados no portal do grupo. A única exceção fica por conta dos projetos com informações superficiais, mínimas e sem endereço virtual de acesso. Provavelmente por objetivos comerciais da maioria, pois são propostas de cunho industrial, mesclado com algumas iniciativas educacionais. Realizam amostras para as escolas e aproximam as crianças da Realidade Virtual e Aumentada. A apresentação do grupo ou clube como eles chamam, revela o quão engajado estão com a RVA.

A Realidade virtual em Berkeley proporcionou a formação de um grupo estudantil dedicado a trazer realidade virtual para a comunidade do campus. Nosso clube oferece aos alunos acesso a equipamentos de realidade virtual e equipes de projetos de treinamento e credenciais para explorarem as aplicações e implicações da realidade virtual em diversos campos através da pesquisa e desenvolvimento. Ao fornecer acesso a *hardware* e experiência, buscamos reduzir as barreiras para experimentar e desenvolver tecnologia de realidade virtual. Estamos nos associando com laboratórios estabelecidos no campus para investigar a realidade virtual e aumentada como ferramentas para sistemas de controle de robótica, visualização de dados complexos e como interface para o futuro. Nós nos envolvemos com a comunidade do campus através de dias de demonstração pública e sessões informacionais. (Portal *VR-Group* – tradução do autor).

E) *Center for Augmented Cognition – University of California Berkeley*

Segundo a página na internet, o “*Center for Augmented Cognition*” (Centro de Cognição Aumentada) apoia os professores e estudantes de Berkeley em suas pesquisas sobre novos paradigmas de computação e metodologias de modelagem cognitiva humana, interação homem computador e colaboração humano robô através de tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada. Seus principais grupos de pesquisa são:

1 – ISAACS – *Immersive Semi-Autonomous Aerial Command System*, que tem como função atuar intuitivamente na IHC (Interação Homem Computador) e visualização de novas formas que envolvem drones aéreos e a interatividade proporcionada pelas tecnologias de

Realidade Aumentada. O grupo possui uma parceria com a tecnologia desenvolvida pela *Microsoft HoloLens*, que auxilia na tomada das coordenadas 3D aos drones em tempo real e em todos processos de modelagem do grupo;

2 - AR/VR – Design Experience, é um grupo que tem como foco as áreas da computação gráfica e visão computacional, que visa melhorar as experiências dos alunos com a Realidade Virtual e Aumentada, ofertando um currículo educacional ampliado e multidisciplinar para os mesmos. O objetivo central é a formação de líderes para as indústrias e empresas que desenvolvem soluções voltadas para a RVA;

3 - Teleimmersion Project Lab – Seguramente este é o maior grupo de pesquisa do Center for Augmented Cognition at UC Berkeley focado em tele-imersão e com a liderança da Professora Ruzena Bajcsy, está centrado na cooperação humano robô, no reconhecimento das atividades humanas a partir de dados multimodais, no desenvolvimento de musculoesqueléticos individualizados, na quantificação do desempenho humano, monitoramento remoto em cuidados com a saúde e suas considerações de privacidade e segurança e na modelagem da interação dos motoristas com carros semiautomáticos.

O grupo desenvolve inúmeros projetos. Destaca-se o seguinte: *High Confidence Active Safety Control in Automotive Cyber-Physical Systems* (Figura 10). A apresentação do projeto é feita no portal do seguinte modo:

Este projeto “Controle de segurança ativa de alta confiabilidade em sistemas automotivos de ciberfísica” estuda sistemas de segurança ativas com base em controle semiautônomo, sensor de meio ambiente e estado e capacidades do motorista. O objetivo deste projeto é desenvolver métodos e sistemas para estratégias de controle de veículos humano-em-linha. (Tradução direta do autor)

Figura 10 – Projeto de dirigibilidade e os sensores de RVA



Fonte: http://tele-immersion.citris-uc.org/car_driving (2017)

4 - OpenARK - é uma plataforma (SDK), sistema de realidade aumentada de código aberto criado na UC Berkeley em 2016. O *software* é baseado em C++ e oferece funcionalidades essenciais e inovadoras para operacionalizar (utilizar-se) uma ampla gama de componentes de realidade aumentada, incluindo óculos de visualização e câmeras de profundidade. Auxilia os desenvolvedores de jogos, recursos digitais educacionais e outras modalidades de ferramentas ancoradas pela RVA. O projeto fornece ferramentas de integração de objetos, integração de *hardware* e *game engine* (que são os “motores” que fazem os jogos e aplicativos rodarem).

F) Grupo de pesquisa da Universidade de Boston: *The Virtual Molecular Dynamics Laboratory - Boston University*

Este laboratório virtual da Universidade de Boston (Estados Unidos), na verdade, é um conjunto de ferramentas de *software* de dinâmica molecular, fundamentado em pesquisa e guias curriculares baseados em projetos. As principais ferramentas são voltadas para Dinâmica Molecular Simples (DMS). O laboratório permite que o aluno visualize o movimento atômico, manipule as interações atômicas e investigue quantitativamente as propriedades macroscópicas resultantes dos sistemas biológicos, químicos e físicos.

O Laboratório de Dinâmica Molecular Virtual (LDMV) consiste em atividades práticas e experiências baseadas em um computador (SimuLabs), que por sua vez estimula os alunos a investigarem o papel do movimento microscópico e as interações no contexto dos currículos tradicionais de química, biologia, ciências da Terra e física.

Segundo o portal do VMDL, o laboratório virtual permite que os alunos experimentem um mundo cientificamente honesto em que os movimentos moleculares são diretamente informatizados, a partir das interações moleculares elementares e exibidos em tempo real na medida que são computados. (Portal VMDL - tradução direta do autor)

Seus principais *softwares* ou laboratórios virtuais são:

1 - Laboratório Virtual de Dinâmica Molecular - v.1.1.3

Disponível para *download* na versão 1.1.3, que substitui as versões anteriores. Ele envolve aplicativos (DMS) – *Symple Dynamic Molecular, (DMS) Player*, Universal e Universal *Player* em um aplicativo com uma nova interface frontal e SimuLabs atualizados e preparados para rodarem especificamente nos sistemas operacionais *Windows Microsoft*;

2 – Laboratório de Dinâmica Molecular da Água-*Water Molecular Dynamics v1.1*

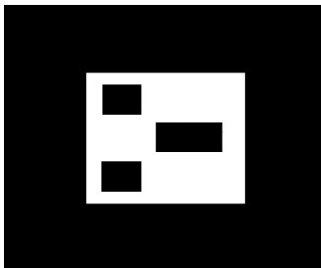
Este *software* ou laboratório virtual da dinâmica molecular da água, é uma simulação tridimensional em tempo real, que permite a exploração de conceitos como ligação de hidrogênio, solvatação (mecanismo de dissolução em que íons negativos e positivos ficam envoltos com moléculas de um solvente) e propriedades termodinâmicas, como densidade e volume.

G) Grupo de pesquisa do *Human Interface Lab (HITLab) – University of Washington Seattle*

Este grupo HITLab da Universidade de Washington concentra o maior número de pesquisadores e pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada dentre os que foram mencionados. Foi neste laboratório que o pesquisador Dr Hirozaku Kato desenvolveu em 1998 a ferramenta de Realidade Aumentada denominada *ARToolkit*, e que o acrônimo traduzido para o português significa conjunto de ferramentas para Realidade Aumentada. Este *software* se popularizou por ser código aberto e uma das raras ferramentas que possibilitam a criação de marcadores, Figura 11 abaixo, que são aqueles desenhos geométricos que dão formas aos objetos 2D e 3D através de uma câmera (*webcam*) de um *desktop*, *laptop*, *tablet* ou celular, refletida, desde que tenha um *software* de Realidade Aumentada instalado ou que o marcador seja feito para ativar uma câmera (*webcam*) previamente.

Figura 11 – Exemplo de um marcador de interação utilizado pelo *software* FLARAS

Interaction marker



O *Human Interface Technology Lab* (HITLab) é um laboratório multidisciplinar de pesquisa e desenvolvimento, cujo centro de trabalho se concentra em tecnologia de interface humana. É formado por pesquisadores de diversos departamentos de distintas áreas como engenharia, medicina, ciências sociais, arquitetura e arte e *design*. O laboratório possui dezenas de projetos e aplica a Realidade Virtual e Aumentada em tratamentos terapêuticos, em medicina de forma ampla, sempre com imersividade total. Possuem pesquisas na área cognitiva, principalmente em tratamento de fobias. Alguns pesquisadores atuam exclusivamente com os avanços na parte de *hardware* e ainda possuem uma área de pesquisa exclusiva para as tecnologias educacionais. Vejamos um exemplo de projeto de RVA na educação, desenvolvido no *Human Interface Technology Lab* (HITLab).

Projeto Virtual Puget Sound

O projeto foi batizado com o nome de uma enseada do oceano pacífico localizada no noroeste dos Estados Unidos, sendo objetos de estudos de diversas áreas. O interesse de pesquisa deste projeto, consiste em saber o potencial das simulações imersivas e de *desktop* (não imersivas), possuem para o entendimento de sistemas complexos (oceanografia física do *Puget Sound*, por exemplo) e o quanto podem ajudar os usuários entenderem fenômenos que não possuem uma forma diretamente perceptível.

As principais expectativas estão direcionadas na constatação da ajuda ofertada às pessoas, visando o entendimento de fenômenos naturais complexos, incluindo pesquisadores e estudantes de diferentes níveis de conhecimento e experiência.

Existem outras interrogações que movem este projeto, assim como os demais que fazem parte da área da Realidade Virtual e Aumentada aplicada à educação, bem como nas demais áreas que os pesquisadores do HITLab atuam. A importância deste grupo de pesquisa pode ser constatada pela quantidade de profissionais envolvidos, bem como pelas parcerias e frentes de atuação dos mesmos que atuam com RVA desde o seu surgimento.

H) Grupo de pesquisa do *Human Interface Technology Lab - HIT Lab NZ at the University of Canterbury – New Zealand*

O HIT Lab NZ é formado por um grupo de pesquisadores ligados à Universidade Canterbury da Nova Zelândia, e que possui um grande diferencial por ofertar cursos em níveis de mestrado e doutorado em interface tecnológica humana, atraindo pesquisadores da área de

Realidade Virtual e Aumentada do mundo inteiro. Certamente que a força intelectual do grupo se mantém crescente e em efervescência pelas formações ofertadas e oportunidades geradas. O próprio grupo se define como multidisciplinar, que reúne pessoas de diversas culturas e visões, sempre com objetivos de melhorar o cotidiano com a oferta de novas formas de apoiar pessoas por meio das tecnologias. Este grupo é responsável pelas melhorias contínuas do *software ARToolkit*, apresentado no item anterior, e certamente que a influência e vocação pela área de atuação refletem inclusive no nome adotado e isso é apenas uma inferência do autor desta tese.

Além das características e dos cursos de mestrado e doutorado citados acima, o grupo desenvolve os seguintes projetos:

Software BuidAR

O *software BuildAR* é uma ferramenta ou ambiente de desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada, similar ao *ARToolkit*, que oferta uma forma de interagir com o mundo real e objetos virtuais ao mesmo tempo por meio de computadores (*desktop, laptop, tablet*), desde que possuam configurações mínimas descritas nas suas especificações técnicas.

Software Quiver

O *software Quiver* é uma ferramenta ou aplicativo (APP) que traz páginas para imprimir e colorir e dar vida aos desenhos com celular ou *tablet*. É uma aplicação interessante para crianças e para os pais e educadores que podem, por exemplo, trabalhar a coordenação motora e até mesmo a arte de desenhar e a criatividade dos aprendizes. Além de despertar o interesse pelas tecnologias e pela Realidade Aumentada.

É fundamental destacar que este projeto foi uma evolução do *software Colar*, do grupo HIT Lab NZ, tendo alcançado projeção mundial, originando uma nova empresa dedicada à comercialização e melhoramentos da ferramenta. Este fato é esclarecido no portal da nova empresa, que possui o mesmo nome do aplicativo, *QuiverVision*, bem como no portal do HIT Lab NZ.

Tanto o *BuidAR* quanto o *Quiver*, podem ser utilizados no ensino-aprendizagem de ciências. A criatividade virá do educador com as suas propostas e das aptidões dos alunos.

I) Grupo *EGGPLANT (Education Games Group, Play, Language, Avatars, Narrative, and Technology)* - *Columbia University*

O *EGGPLANT* é um grupo do departamento de Matemática, Ciência e Tecnologia do *Teachers College – Communication, Media, and Learning Technologies Design (CMLTD) - Columbia University*, ligado mais especificamente ao programa (CMLTD), Comunicações, Mídias, *Design* e Tecnologias de Aprendizagem. A força do grupo está no desenvolvimento e pesquisas de recursos computacionais digitais voltados para o uso e produção de *Serious Games* (jogos educativos). O laboratório apoia pesquisas de professores e estudantes de pós-graduação da Universidade de Columbia, que tenham como objetivos estudos envolvendo jogos de qualquer natureza, inclusive os que são voltados para o entretenimento como *videogames*, jogos de cartas e outros. Existe inclusive uma linha de pesquisa que estuda a psicologia de jogos e jogadores.

Em relação à Realidade Virtual e Aumentada, é notória a preocupação do grupo com treinamentos, já que as agendas de cursos diversos para desenvolvedores estão em destaque por todo o portal. No portal não há disponibilização de *links* para testes dos jogos desenvolvidos, mas existem alguns apontamentos como a nota reproduzida abaixo.

Um jogo desenvolvido para ensinar sistemas computacionais a “pensar” em torno da questão das mudanças climáticas. A ideia central é fazer com que as equipes de jogadores assumam as funções dos conselheiros científicos, econômicos e políticos que devem cooperar para abordar a questão do aquecimento global - tudo ao lidar com as ramificações científicas, econômicas e políticas de suas escolhas. Financiado pela NSF (*National Science Foundation*) e testado com alunos do ensino médio. Desenvolvimento liderado por Chuck Kinzer e Michael Hillinger (Tradução do autor)

O grupo não disponibiliza acesso aos recursos computacionais gerados, mesmo com uma produção de artigos publicados bastante relevante. Como a proposta deste levantamento é a divulgação dos *softwares* e recursos digitais educacionais que utilizam Realidade Virtual e Aumentada produzidos pelo mundo, entende-se não ser oportuno a catalogação e análise da produção bibliográfica deste importante grupo ou de qualquer outro.

Quadro 3 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados GOOGLE SCHOLAR (continua)

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
Center for Augmented Cognition – University of California Berkeley – EUA	Diversos <i>softwares</i>	Ciência da computação	Aprendizagem por imersão, que são estudos comparativos observacionais entre aprendizes que utilizam vídeos e outros que aprendem os mesmos conceitos de forma imersa, interagindo com terceiros a partir do seu avatar.
<i>University of Central Florida (UCF) – Institute for Simulation and Training (IST) – EUA.</i>	<i>Software GamePAB</i>	Engenharias e Ciência da Computação	Nenhuma teoria ou linha pedagógica em destaque.
<i>Lab - HIT Lab NZ at the University of Canterbury – New Zealand – Nova Zelândia</i>	<i>Softwares BuidAR e Quiver</i>	Educação artística e outras áreas	Construtivismo

Quadro 3 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados GOOGLE SCHOLAR (continuação)

Grupo de pesquisa da Universidade de Boston: <i>The Virtual Molecular Dynamics Laboratory – Boston University</i> -EUA	Diversos <i>softwares</i>	Ensino de ciências (Biologia, Química e Física)	Aprendizagem por investigação científica e elaboração de projetos como construção curricular.
Grupo de pesquisa do <i>Human Interface Lab (HITLab) – University of Washington Seattle</i> - EUA	<i>Software ARToolKit</i>	Diversas áreas	Trabalham com multidisciplinaridade e interdisciplinaridade. São abordagens mais encontradas nos artigos do grupo.
<i>Grupo EGGPLANT (Education Games Group, Play, Language, Avatars, Narrative, and Technology) - Columbia University</i>	Diversos	Matemática, Ciências, Psicologia e outras áreas	Aprendizagem baseada em jogos educativos, teoria de jogos e padrões desenvolvidos por jogadores.
<i>University of California – Berkeley (Exclusive Students Group) - EUA</i>	VR_Group (diversas ferramentas de RVA)	Educação básica, ferramentas e ações voltadas para aproximar as crianças da RVA	Grupo peculiar formado por estudantes e sem uma teoria ou proposta pedagógica adotada.

Quadro 3 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados GOOGLE SCHOLAR (conclusão)

<i>Indiana Bloomington University-Center for Research on Learning and Technology</i> (CRLT) – EUA	<i>(Interactive Science Through Technology Enhanced Play) – iSTEP</i>	Educação em todos os níveis com foco em teorias de aprendizagem.	Desenvolvem soluções para todas as teorias e linhas pedagógicas convergentes com as novas tecnologias.
<i>Harvard University</i> - EUA	Projetos <i>Quest Atlantis</i> (diversos <i>softwares</i>)	Ensino de Ciências	Aprendizagem colaborativa

Fonte: o autor

2.2.4 Levantamento feito na base de dados *ResearchGate*

Adotou-se com a base de dados *ResearchGate*, os mesmos procedimentos de buscas utilizados com as bases anteriores. Ou seja, utilizando como extratores ou palavras-chave: *VR Group, AR Group, AVR Group, Education Technology Group, Virtual Reality in Science Education, Augmented Reality in Science Educational*. Encontrou-se os seguintes grupos:

A) Grupo *Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ – Leipzig – Sachsen – Germany – Planktomania Project*

O projeto Planktomania envolve uma parceria entre o UFZ, Estação de Biologia de Roscoff (CNRS-Universidade Pierre e Marie Curie), EESAB (*European School for Art in Brittany*) oceanopolis, REEB (*Brittany network for environmental education*) e duas instituições francesas que possuem os estudos de plâncton como seus principais objetos de pesquisa e com apoio financeiro das instituições: Brittany Region, Loire-Bretagne water agency, Credit Agricole, CNRS.

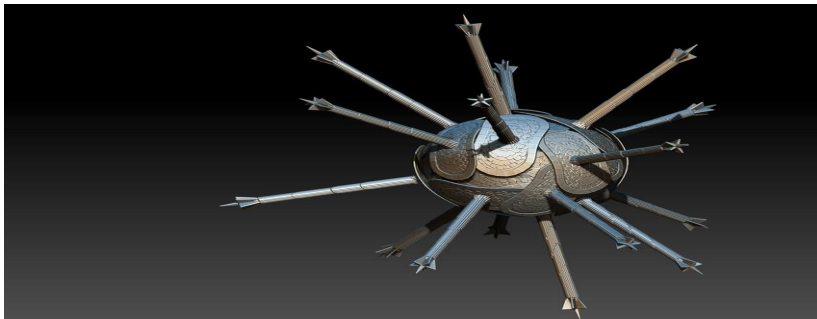
O projeto é liderado pelos pesquisadores, Johan Decelle²⁰ e Fabrice Not²¹. Este é o primeiro projeto encontrado que utiliza vídeo 360 graus e Realidade Virtual e Aumentada, como visto na Figura 12 e com ênfase no ensino de Ciências, mais especificamente em biologia marinha. No seu perfil da plataforma *ResearchGate*, o pesquisador Johan Decelle apresenta o projeto com as seguintes palavras:

O projeto Planktomania visa aumentar a conscientização sobre a beleza, a diversidade e o significado ecológico do plâncton com base na Realidade Virtual e Aumentada. Essas tecnologias em desenvolvimento são ferramentas educacionais promissoras à medida que aprimoram a atenção, a motivação e o desenvolvimento da imaginação, proporcionando uma aprendizagem atrativa e eficaz. Na Planktomania, mais de 30 modelos animados em 3D, cobrindo uma grande variedade de organismos planctônicos, de vírus a medusas, foram criados a partir de imagens de microscopia eletrônica e confocal. Foi produzido um vídeo imersivo em 360° que apresenta a vida planctônica na realidade virtual, bem como diversos apoio educacional original, como jogos de cartas com realidade aumentada, impressão em 3D, vídeos de parada de movimento. A equipe Planktomania também desenvolveu um kit de amostragem (o Planktobox), contendo modelos impressos 3D, redes de plâncton, microscópio e recursos pedagógicos, propondo conteúdo inovador e ferramentas simples para levar conhecimento essencial da vida planctônica e revelar o maravilhoso mundo microscópico do plâncton, estimular a curiosidade e fornecer conhecimento para um público amplo. (Tradução direta do autor).

²⁰ https://www.researchgate.net/profile/Johan_Decelle

²¹ https://www.researchgate.net/profile/Fabrice_Not

Figura 12 -*The coccolithophore Rhabdosphaera*



Fonte: Johan Decelle - <https://goo.gl/2COMh2> (2017)

B) Grupo *The Human-Computer Interaction Laboratory* - (HCI Lab) da Universidade de Udine/ Itália

O grupo de pesquisadores vinculados ao (HCI Lab), pertencente ao Departamento de Matemática, Computação e Física da University of Udine, liderados pelo pesquisador professor Dr Luca Chittaro, estudam novas maneiras de interação homem x máquina e como as mesmas podem impactar a vida das sociedades. Atuam fortemente com tecnologias móveis (aplicativos para tablets e celulares) com emprego da Realidade Virtual e Aumentada no desenvolvimento de jogos educacionais (*Serious games*). Segundo a apresentação no portal (nota de rodapé abaixo), a *expertise* adquirida no desenvolvimento de jogos sérios ou educacionais, os credencia para o desenvolvimento de aplicações em outras áreas como saúde e segurança.

O grupo disponibiliza dados de alguns dos seus projetos, dentre eles o aplicativo para celulares e *desktop*, chamado: *Serious Games and Virtual Reality for Learning and Training*. É um jogo educacional com ênfase em treinamento com Realidade Virtual e Aumentada e que resultou em diversas publicações sobre suas aplicabilidades nas áreas de educação, saúde, segurança e aviação. Interessante destacar que a maioria dos projetos deste grupo gera outros diversos aplicativos com Realidade Virtual e Aumentada imersiva. No caso da aviação, os subprojetos são bem numerosos e abrangem diversos aspectos que não teriam como simular sem os recursos tecnológicos da RVA.

C) Grupo da *York University Canadá - Virtual Reality and Perception Laboratory*

O grupo de pesquisadores do Laboratório de Realidade Virtual e Percepções da Universidade *York* realiza pesquisas básicas e aplicadas sobre percepção de profundidade estereoscópica e a RV. Segundo a apresentação do grupo, a sua grande área de atuação envolve o cérebro e os processos de reconstruções de percepções tridimensionais. Há um forte interesse do grupo em estudar os testes de diagnósticos que permitem distinguir com alta precisão a tridimensionalidade de uma cena visual, envolvendo duas imagens ligeiramente diferentes. Como o olho humano registra sensorialmente e quais mecanismos e funções cerebrais estão envolvidas neste processo? São questões de pesquisa que motivam o grupo e geram recursos digitais, como um *software* que faz medidas de grandezas da cinemática dos movimentos em pistas virtuais de ciclismo. Sobre este projeto, o grupo diz o seguinte:

O projeto *Virtual Trike* Figura 13, busca recuperar o que a maioria dos desenvolvedores de Realidade Virtual ignoram, que são as pistas não visuais e seus perigos, mas essas estão sempre presentes em *softwares* que simulam ciclismo e pedaladas de um modo geral. Segundo o grupo, um dos objetivos é acompanhar as cenas que são projetadas nos óculos de Realidade Virtual, paralelamente com os movimentos físicos realizados no mundo real, para então estimular de forma natural os sistemas sensoriais não visuais, que são responsáveis por detectar os movimentos. Os pesquisadores destacam que o movimento real requer espaço real, sendo altamente complexo criar ambientes virtuais, “que sejam grandes fisicamente quanto visualmente”. Essa observação pode ser entendida pela complexidade em provocar sensações de esforços físicos e ao mesmo tempo com campo visual alternante, como se a atividade ciclística estivesse realmente acontecendo no mundo real.

No final da década de 1990, o grupo construiu um triciclo de Realidade Virtual (Figura 13) para dar suporte aos estudos de integração dos sistemas visual e vestibular (são os sistemas ativados no nosso cérebro que ligam aos aparelhos auditivos e visuais humanos e que permitem o equilíbrio, dentre outras funções, tão importantes quanto), durante o movimento real simulado. O grupo argumenta que, “limitado apenas pelo espaço livre disponível, os sujeitos podem explorar grandes ambientes virtuais e obter pistas visuais e não visuais apropriadas para os movimentos deles”.

Figura 13 – Projeto *Virtual Trike*

Fonte: <http://percept.eecs.yorku.ca/trike.htm> (2017)

“Nos mundos virtuais, não somos limitados pelas leis da física e do mundo natural. Com experimentos cuidadosamente projetados, podemos manipular as entradas sensoriais para o usuário mais livremente e, então, investigar como as dicas sensoriais são usadas e integradas”. **Grupo de pesquisa da York University – Canadá** – (Tradução do autor)

D) Grupo HCI *Research at Glasgow University - Interactive Multimodal Group*

O grupo de pesquisa interativa e multimodal da Universidade de Glasgow, Escócia - Reino Unido, vinculado ao Departamento de Interação Humano x Computador (HCI, acrônimo em inglês), concentra suas pesquisas em aparatos que possam neutralizar as interferências do mundo real em experimentos virtuais. Basicamente, direcionam seus esforços em aperfeiçoar os óculos de RV com os fones de ouvidos e que eles chamam de VR HMD. Segundo os relatos dos pesquisadores, a capacidade de interagir com objetos do mundo real, utilizar periféricos reais não rastreáveis e se conscientizar de tudo que existe no local é diminuída. A ausência de estímulos sensoriais provenientes do mundo real, precisa ser conquistada para que ocorra uma imersão no virtual de forma plena. A produção se concentra prioritariamente nos estudos de estímulos sensoriais e o grau de imersão pura, sem interferência externa, ou com máximo possível de redução da mesma. O grupo reconhece que às vezes as percepções externas podem ser benéficas, pois servem também de parâmetros para se medir o grau de imersão, mas este entendimento não causa desconforto ou desvio do foco principal das pesquisas.

Possivelmente os leitores se perguntarão onde está o foco de ensino de ciências deste grupo? Qual ou quais razões levaram a citação dos mesmos? As questões são pertinentes, mas é preciso inferir que as aplicabilidades no ensino de um modo geral e em ciências mais especificamente por fazer parte do núcleo deste trabalho, nem sempre surgirão nomeadamente. Na análise do grupo da Universidade de York, visto antes deste, por exemplo, observam-se claramente alguns temas peculiares a biologia (sistemas sensoriais visuais e auditivas do ser humano, sistemas visuais e vestibular e suas nuances e outros), bem como as convergências curriculares com a parte de ótica estudadas em Física e outras grandezas que envolvem os corpos em movimentos. Aqui neste grupo da Universidade de Glasgow, localizada na Escócia, as evidências também são sutis e indiretas. Abaixo um dos diversos projetos dos mesmos.

Projeto de Equipamentos móveis com acesso tátil - *Device Tactile Feedback*

O projeto consiste na criação de uma interface multimodal, que permite acionamentos por movimentações táteis previamente programadas, acionadas por um dispositivo acoplado a um dedo como se fosse um anel. Com um simples gesto é possível navegar num *tablet*, num celular ou em um *laptop* com tela de toque. A pesquisa permite, por exemplo, a navegação em um *tablet* ou celular por uma pessoa cega. A câmera captura os movimentos dos dedos (Figura 14 abaixo) e, com isso, a navegação torna-se mais amigável, pois se pode convencionar o acionamento ou clique duplo para o sinal com dois dedos, um único dedo pode indicar o deslocamento pela tela e assim sucessivamente. Novamente as implicações no ensino de ciências passam ao largo (não estão elencadas diretamente), pois essa tecnologia permite, por exemplo, a navegação de um cego ou pessoas com outras deficiências que as impedem de navegar na internet e, com isso, poderão utilizar simuladores e outras aplicações que envolvam Realidade Virtual e Aumentada não imersiva.

Figura 14 – Projeto Tátil – Acesso gestual



Fonte: http://euanfreeman.co.uk/wp-content/uploads/2014/08/point1_hand.png

Quadro 4 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados *ResearchGate*.

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
<i>Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ – Leipzig – Sachsen – Germany – Planktomania.</i> França e Alemanha	<i>Software Planktobox</i>	Biologia e Educação ambiental	Aprendizagem por investigação científica, mesmo não sendo citada diretamente pelo grupo.
Grupo <i>The Human-Computer Interaction Laboratory - (HCI Lab)</i> da Universidade de Udine/ Itália	<i>Serious Games and Virtual Reality for Learning and Training</i>	Matemática, Computação, Saúde, Segurança e outras áreas	Aprendizagem mediada por jogos educacionais.
Grupo <i>da York University Canadá - Virtual Reality and Perception Laboratory</i>	<i>Virtual trike</i>	Computação e outras áreas pelo alto grau de multidisciplinaridade do grupo	Não existem teorias ou linhas pedagógicas perceptíveis.
Grupo <i>HCI Research at Glasgow University – Interactive Multimodal Group - Escócia</i>	<i>Device Tactile Feedback</i>	Diversas áreas - interdisciplinaridade	Sem foco em processos de ensino-aprendizagem. Mas disponibilizam ferramentas com este fim.

Fonte: o autor.

2.2.5 Levantamento feito na base de dados *World Wide Science*

Adotou-se com a base de dados *World Wide Science*, os mesmos procedimentos de buscas utilizados nas bases anteriores. Ou seja, utilizou-se como extratores ou palavras-chave: *VR Group, AR Group, AVR Group, Education Technology Group, Virtual Reality in Science Education, Augmented Reality in Science Education*. As ocorrências foram as seguintes:

A) Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da Universidade de Leicester – Reino Unido

É formado por estudantes de biologia e medicina. Possui uma peculiaridade de ter como foco as aplicabilidades, sem a menor vocação ou intenção de desenvolver ferramentas computacionais, mas com uma função significativa de gerar artigos e fomentar o desenvolvimento de recursos digitais que atendam suas demandas específicas. Interessante destacar que são todos estudantes postulantes a cientistas médicos ou biólogos. O grupo está vinculado diretamente ao departamento de Medicina (*Leicester Medical School*), porém com participações de outras escolas e departamentos da instituição.

Na página de abertura existem relatos interessantes e que demonstram como as áreas de ensino de ciências veem o potencial da Realidade Virtual e Aumentada. A nota abaixo sem corte, apenas com uma tradução direta do autor, diz o seguinte:

Encontrei um aplicativo chamado "*anatomy 4D*"²², feito pela empresa "Daqri", que permite que você use o seu *tablet* ou celular em diferentes modelos, como o corpo humano e o coração. Isso permite que você visualize a forma como os impulsos elétricos se transferem ao redor do coração em 4D como se estivesse na sua frente. Outra maneira que isso está fazendo atualmente é um novo ponto de partida investigativa como o "*Curiscope*"; responsável pelo aplicativo "*Virtuali-Tee*"²³. Simplesmente, o produto é uma camiseta que permite que você visualize órgãos internos usando um celular ou *tablet*. Talvez quando for mais avançado, isso pode ser usado como outro suplemento para a sala de dissecações, por exemplo. No entanto, por enquanto, acho que para

²² <http://anatomy4d.daqri.com/>

²³ <https://www.curiscope.com/products/virtuali-tee>

estudantes de medicina, aplicativos como "essential anatomy"²⁴ são o caminho a seguir, pois são 3D e ainda permitem interagir com o corpo e ver todos os nervos, sangue e sistemas linfáticos nos detalhes que precisamos.

No nosso grupo tivemos uma chance de usar alguns aplicativos como o "google cardboard"²⁵, um equipamento bastante barato que permite uma experiência imersiva, usando apenas um celular. Uma outra possibilidade de uso é um aplicativo chamado "Anatomyou" que permite que você viaje em diferentes partes do corpo, como o trato gastrointestinal. Com algumas melhorias, como ser capaz de se concentrar em uma parte específica e ter algumas informações de sobre-voz extra, com mais detalhes sobre o que você está vendo, vejo isso como uma ótima maneira de aprimorar nossa educação. O *google cardboard* e a realidade virtual até foram usados para inventar novos procedimentos cirúrgicos para salvar a vida de um bebê na Flórida. Ao permitir que os cirurgiões visualizem todos os aspectos do coração do bebê, eles sabiam o que esperar antes da cirurgia, economizando tempo valioso na sala de operações. (Grupo de pesquisa em RVA da Universidade de Leicester)²⁶. (Tradução do autor)

Figura 15 – *Virtuali-Tee* aplicativo de Realidade Aumentada



Fonte: <https://www.curiscope.com> (2017)

²⁴ <https://3D4medical.com/category/support/essential-anatomy-5>

²⁵ <https://vr.google.com/cardboard/>

²⁶ <https://goo.gl/hph69P>

B) Grupo de pesquisa da Universidade de Aveiro – Portugal:
Projeto *EduPark*

O grupo está vinculado ao IEETA (*Institute of Electronics and Informatics Engineering of Aveiro*). É formado por aproximadamente 15 (quinze) pesquisadores que conseguem representar praticamente todas as áreas do ensino de ciências do ciclo básico ao ensino superior. O que motiva o projeto é a criação de estratégias originais de jogos educativos, atrativos e ao mesmo tempo eficazes, com foco na aprendizagem interdisciplinar em ciências naturais, físico-químicas, matemática, história, entre outras, através da criação de uma ferramenta computacional interativa feita com as prerrogativas da Realidade Aumentada (RA), disponibilizada para celulares e *tablets*. A ferramenta já tem alguns módulos operacionais, apoiados por uma técnica de jogos digitais chamada *Geocaching* (a atividade recreativa de caça e busca de um objeto escondido por meio de coordenadas GPS postadas numa página de internet). Quando estiver totalmente implementada será explorada e utilizada por professores e alunos desde o ensino básico ao superior. Uma observação bem interessante vem da proposta de desenvolver atividades sempre ao ar livre. O projeto acontece em parques públicos arborizados e, por isso, o nome *EduPark* (educação no parque).

Os pesquisadores acreditam no potencial do projeto e da ferramenta, pois conseguem contemplar a criação de atividades lúdicas com tecnologias móveis (comuns e com ótima aceitação dos jovens) e, além disso, o desenrolar dos desafios ocorre ao ar livre. A ideia do grupo é ofertar novas modalidades de ensino-aprendizagem de ciências em Portugal e em outros países da Europa e do mundo. Abaixo, nas Figuras 16 e 17, apresentam-se algumas telas dos módulos que já estão operacionais utilizados por professores e alunos na região de Aveiro em Portugal.

Figura 16 – Aplicativo *EduPark*



Figura 17 – Alunos extraindo informações das plantas para o jogo EduPark



Fonte: <http://edupark.web.ua.pt/> (2019)

Quadro 5 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados *World Wide Science*

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da Universidade de Leicester – Reino Unido.	Este grupo faz aplicações de recursos gerados por terceiros.	Saúde	Aplicam e replicam funcionalidades de recursos digitais na área médica. Não foi possível identificar teorias ou linhas pedagógicas voltadas para o ensino-aprendizagem pelas razões elencadas.
Grupo de pesquisa da Universidade de Aveiro – Portugal	Projeto EduPark	Ensino de Ciências	Construtivismo com ênfase na interdisciplinaridade, aprendizagem lúdica através de jogos educativos (jogos sérios).

Fonte: o autor

2.2.6 Levantamento feito na base de dados RefSeek

Adotou-se com a base de dados *RefSeek*, os mesmos procedimentos de buscas utilizados nas bases anteriores. Ou seja, utilizando como extratores ou palavras-chave: *VR Group, AR Group, AVR Group, Education Technology Group, Virtual Reality in Science Education, Augmented Reality in Science Education*. As ocorrências foram as seguintes:

A) Grupos de pesquisas do HHMI (*Howard Hughes Medical Institute*)

Os grupos de pesquisa do HHMI são formados por pesquisadores de 26 universidades dos Estados Unidos e atuam em pesquisas voltadas ao ensino inovador de ciências físicas e biológicas e em medicina. São projetos de diversos graus de complexidade, convergentes com todos os níveis de formação. Possuem mais de 500 (quinhentas) escolas conveniadas e com foco na promoção da inovação com recursos tecnológicos de um modo geral e Realidade Virtual e Aumentada de um modo mais específico. O instituto é da área médica e, por isso, mesmo é mais reconhecido pelos laboratórios de pesquisa que apoiam a medicina e os avanços neste campo. No portal é possível contabilizar a existência de dezenas de laboratórios que atuam com temas específicos, mas o que é mais ressonante com os objetivos deste capítulo são os 64 (sessenta e quatro) laboratórios que compõem o *HHMI/Janelia Research Campus*. A maioria utiliza a Realidade Virtual e Aumentada de forma indireta ou direta com a produção de recursos digitais.

O HHMI/Janelia, de acordo com as informações do portal, possui atividades de pesquisa que vão desde projetos tecnológicos para gerar moléculas coloridas a estudos pioneiros de Realidade Virtual e Aumentada para simular as funcionalidades dos bigodes de ratos e com isso entenderem como é a visão de mundo dos camundongos e como substituir ou aprimorar os testes laboratoriais que utilizam esses roedores.

Possivelmente, uma das maiores contribuições dos pesquisadores do HHMI/Janelia foi a criação de um poderoso *software* de renderização de imagens 3D. Aqui cabe uma importante observação para as pessoas que não conhecem o universo do desenvolvimento de recursos digitais com o uso da Realidade Virtual e Aumentada, que são as etapas de modelagem. A renderização consome muita força de trabalho de um computador, requer espaço de memória e poder de processamento que a maioria das ferramentas disponíveis no mercado não conseguem corresponder ou amenizar essas exigências de uma máquina robusta para essas funções.

Pelo caráter interdisciplinar do instituto e dos seus 64 (sessenta e quatro) laboratórios, onde atuam médicos, cientistas computacionais, professores, artistas e profissionais das mais diversas áreas, o grupo conseguiu criar e disponibilizar em código aberto (ferramenta classificada como *Creative Commons*), um *software* chamado Vaa3D²⁷.

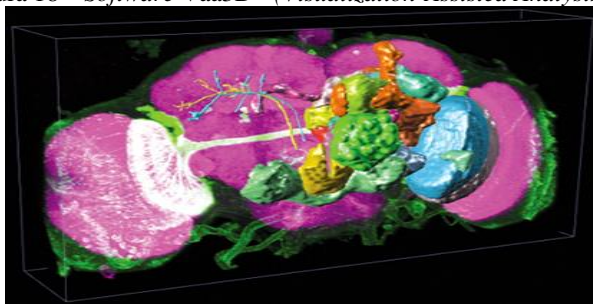
No portal do *software* Vaa3D - (*Visualization-Assisted Analysis 3D*), disponibilizado acima em nota de rodapé e no apêndice 3 desta pesquisa, é possível entender a importância da ferramenta para os desenvolvedores e, principalmente, para biólogos, médicos e outros especialistas que trabalham com imagens microscópicas. Abaixo uma tradução livre do autor, onde se pode ver a relevância desta criação do grupo.

Experimentos com grande consumo de dados exigem constantemente ferramentas novas e mais eficientes para lidar com imagens digitais microscópicas 3D avançadas que normalmente são criadas usando múltiplas sondas policromas fluorescentes. Atualmente, muitas técnicas de análise de imagem bidimensionais (2D) são inaplicáveis em situações multidimensionais. A análise de imagem quantitativa está se tornando rapidamente um gargalo de pesquisa devido à extrema complexidade dos objetos de imagem multidimensionais (muitas vezes dependentes do tempo) em termos de formas (por exemplo, neurônios), texturas (por exemplo, organelas sub-celulares), limitação de sinal, a taxa de ruído e a grande escala dos dados da imagem (por exemplo, vários *gigabytes* por pilha de imagens de 64 bits). Ao usar o Vaa3D, uma ferramenta de análise de visualização em 3D em tempo real, os pesquisadores são capazes de gerar e revisar resultados biologicamente significativos em experimentos muito complicados. Este *software* de alto desempenho é ideal para a visualização simultânea dos grandes conjuntos de dados de imagens multidimensionais. Ele inclui uma interface fácil de usar para interação de dados complexa necessária para extrair a informação crítica. A ideia inicial do projeto Vaa3D foi produzir um renderizador rápido para imagens volumétricas 3D multicoloridas usadas na análise

²⁷ <https://www.janelia.org/open-science/vaa3D>

de imagem microscópica. Nesse cenário, uma imagem pode facilmente exceder um *gigabyte*. Muitas ferramentas de renderização de imagem 3D existentes não podiam fornecer uma interação em tempo real com uma qualidade de renderização razoável em um computador comum. **(Tradução livre do autor feita diretamente com os dados de apresentação do Vaa3D).**

Figura 18 – Software Vaa3D - (*Visualization-Assisted Analysis 3D*)



Fonte: <https://www.janelia.org/open-science/vaa3D> (2017)

Em relação a citação acima, assim como outras que aparecem nessa pesquisa, observarão expressões nada usuais por se tratarem de termos técnicos das respectivas áreas. O recurso computacional é específico para processamento de imagens de alta precisão, comuns nas áreas médicas, onde encontrarão muitas pesquisas que abordam as imagens quantitativas²⁸ e as suas peculiaridades. Um outro exemplo que aparece na citação é o que se refere as **sondas policromas fluorescentes**, que são sondas especiais para fotografar moléculas em alta definição e como o próprio termo sugere, são imagens coloridas e que só podem ser obtidas com essas sondas especiais. Por se tratar de termos técnicos específicos, o leitor poderá se aprofundar no assunto a partir das fontes indicadas.

B) Grupo de pesquisa *The Franklin Institute* - Philadelphia

O Instituto Franklin que faz uma homenagem ao cientista Benjamin Franklin, é uma instituição dedicada aos estudos de ciência e tecnologia e leva consigo a marca de ser o centro de investigação mais

²⁸ <http://bit.ly/2LuGlpA>

antigo dos Estados Unidos na área de ciências, criado em 1824. O instituto é um museu histórico que desenvolve recursos digitais tecnológicos, e possui uma equipe de pesquisadores que interagem com professores, alunos e seus familiares e a comunidade em geral, utilizando recursos próprios de Realidade Virtual e Aumentada (RVA).

Além de criar desafios com guerreiros históricos da China, que são avatares do aplicativo *Terracotta Warriors AR App*, Figura 19, utilizados por todas as gerações de visitantes em busca de informações dos guerreiros nos espaços do museu. As escolas são incentivadas a criarem seus jogos educativos, seus próprios avatares e ainda recebem treinamentos de futuros cientistas que ancoram suas pesquisas na RVA.

A visitação anual passa de 1 milhão de pessoas e, com isso, as demandas por atividades envolvendo recursos digitais educacionais crescem e despertam paixão pela ciência e que segundo o portal do Instituto, o seu homônimo ficaria deslumbrado e deleitado com tantas pessoas envolvidas e apaixonadas pelo conhecimento. Novamente em nota direta do autor, as palavras entusiasmadas dos responsáveis pelo instituto falam por si só.

Todos os dias, o Instituto Franklin fornece recursos que ajudam as pessoas a se conectarem com ciência e tecnologia de maneiras criativas que ressoam com alunos de todas as idades e origens. Embora o museu histórico seja um espaço de aprendizado central, o Instituto evoluiu para proporcionar às pessoas recursos educacionais em seus próprios bairros através de atividades práticas em salas de aula, oficinas em bibliotecas, centros comunitários e outras configurações, e através de formas de interagir *on-line*. (Portal do *The Franklin Institute*)

Figura 19 – Aplicativo *Terracotta Warriors*

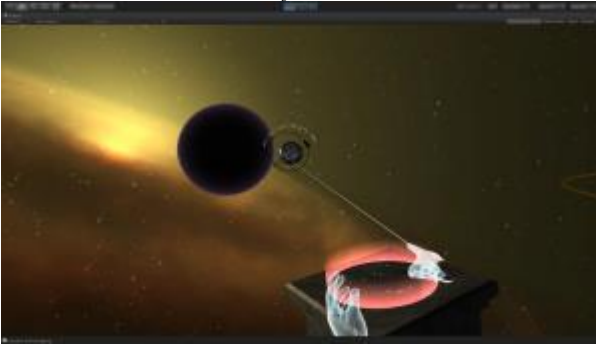


C) Grupo de pesquisa do *Carnegie Mellon University's Entertainment Technology Center*

É com grande satisfação e com sentimento de fazer parte dessa história que este grupo será apresentado. A *Carnegie Mellon University*, é a criadora de um dos *softwares* de modelagem computacional que apoia simulações matemáticas e auxilia a criação de algoritmos, chamado ALICE. Essa ferramenta é muito popular nos cursos de computação e de matemática, pois além de permitir a construção de simuladores é utilizada para ensinar as pessoas a darem seus primeiros passos em programação estruturada. O mesmo grupo criou o projeto *Wonderland* que consiste na chegada da Realidade Virtual no ambiente de programação consagrado e utilizado há décadas por universidades do mundo inteiro, inclusive por este autor durante algumas disciplinas do mestrado em Informática cursado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A primeira experiência foi como aluno e depois como professor de paradigmas de linguagem de programação em algumas universidades do Rio de Janeiro e do Pará.

Segundo o portal de divulgação da ferramenta, o projeto *Wonderland* trabalhou para trazer os princípios fundamentais do *software* Alice para a realidade virtual, explorando o que a RV poderia ter para oferecer ao mundo da educação em informática. A equipe fez isso através da prototipagem rápida de seis experiências de realidade virtual que cada uma ilustra um conceito significativo de ciência da computação de forma visual e interativa. A equipe descobriu que a força da realidade virtual é visualizar conceitos de alto nível em uma forma única, imersiva e interativa, que permite que os alunos explorem os conceitos livremente sem precisar se preocupar com a sintaxe. A equipe disponibilizou suas descobertas, recomendações e até mesmo o código-fonte para seus protótipos para uso da comunidade. (Tradução direta do autor)

Figura 20 – Protótipo do sistema solar feito pelo módulo *Wonderland* –
Software Alice



Fonte: CMU - <http://bit.ly/2B5KApH/> (2017)

Cabe uma ressalva que o projeto *wonderland*, Figura 20, é totalmente gratuito e disponibiliza seus códigos feitos em linguagem C, com total liberdade de uso para os estudiosos e desenvolvedores, sempre citando e respeitando a fonte.

D) Grupo de pesquisa da Agência Espacial Americana NASA- (National Aeronautics and Space Administration) – Project Museum Alliance

Este grupo, mesmo não sendo de natureza de formação educacional como a maioria dos que foram apresentados anteriormente, desempenha um papel extraordinário junto ao ensino de ciências com recursos digitais feitos com Realidade Virtual e Aumentada. O projeto *Museum Alliance*, possibilita viagens espaciais virtuais para milhares de escolas e universidades conveniadas.

Foi idealizado para ser a “porta da frente” da NASA para o mundo da educação informal e um instrumento para socialização das descobertas e ações da NASA. Um verdadeiro elo dos pesquisadores da agência com os demais pesquisadores, educadores de espaços formais (escolas e universidades), bem como a sociedade num sentido mais amplo. Dentre as ações do projeto com RVA, há de se destacar o trabalho intercalado com modelos físicos e virtuais. Este procedimento além de maximizar as percepções táteis, ajuda na transição entre o que é real e o que é virtual, principalmente, para as crianças, como mostra a Figura 21.

Figura 21 – Crianças no processo de modelagem física no *Museum Alliance*



Fonte: <https://informal.jpl.nasa.gov/museum/About> (2017)

O Projeto *Museum Alliance*, Figura 21, é formado por diversos programas de pesquisa com Realidade Virtual Aumentada. Um deles é o *Earth to Sky*, que permite as pessoas diversas experiências como a *Magic Windows* (janela mágica) que consiste num curso de ciências e comunicação sobre mudanças climáticas na região de São Francisco – EUA. As atividades acontecem numa área de recreação nacional chamada *Marin Headlands*. Os participantes olham para região por intermédio de uma “janela mágica”, Figura 22, que são marcadores de Realidade Aumentada, que lhes permitem ver o passado da região, os prognósticos futuros e o atual e a entenderem os efeitos e implicações das mudanças climáticas. Certamente essa inferência ajuda a maximizar a compreensão do que ocorre com outras áreas e regiões e com o planeta Terra.

Figura 22 – Reconhecendo evidência de mudança no meio ambiente



Fonte: <http://earthtosky.org/showcase/359-magic-windows.html> (2017)

E) Grupo de pesquisa da *Edge Hill University – London: Creative Virtual Reality Lab*

Os pesquisadores vinculados ao *Creative Virtual Reality Lab*, se identificam como sendo responsáveis pelos processos de ensino-aprendizagem, utilizando a premissa do fazer para aprender. Atuam consideravelmente numa área conhecida como Visão Computacional ou Computação Visual, onde buscam aplicar a modelagem de objetos em problemas computacionais e áreas bem específicas da computação. O grupo é bem diversificado e possui iniciativas no campo educacional, que é a intenção investigativa deste capítulo, mesmo tendo uma forte ligação com as engenharias e a ciência da computação. Segundo seus pesquisadores, o que move o grupo é a vocação para resolver problemas teóricos do mundo real com a computação visual, utilizando tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.

O grupo se dedica aos gráficos 3D, robótica e sistemas inteligentes, jogos e especialmente jogos educativos (jogos sérios). No campo educacional, desenvolvem um projeto de construções de ferrovias virtuais, onde trabalham com equipes interdisciplinares e as crianças são desafiadas a construir seus desenhos e maquetes utilizando um *software* do grupo chamado *LocomotiveBuilder* (construtor de locomotivas). Interessante destacar a quantidade de áreas envolvidas neste projeto das locomotivas, abordando conceitos de física, matemática, educação artística e área computacional com a Realidade Virtual e Aumentada e as ferramentas de modelagem. Tudo isso pautado na ideologia da construção coletiva, formação de equipes, lideranças e funções bem definidas para os seus participantes. Um outro fato que chama atenção, o projeto foi aplicado numa escola primária com crianças do sexto ano.

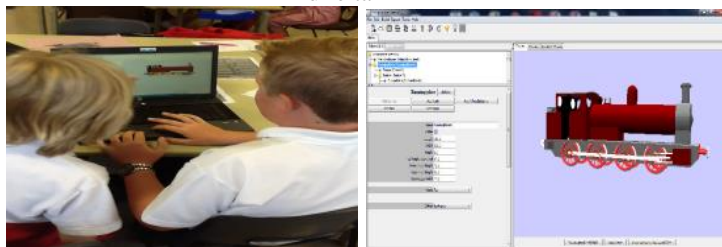
O projeto utiliza uma ferramenta de construção de objetos 3D (modelagem), conforme as Figuras 23 e 24, *ThingBuilder* e uma outra para construção de cenários chamada *ScenarioBuilder*. Todo processo de preparação deste e de outros projetos similares necessitam dessas ferramentas do grupo.

Figura 23 – Objetos modelados pelo grupo



As crianças programam num ambiente preparado para a idade delas, mas fazem passagem de parâmetros, inferências físicas, geométricas, como se estivessem atuando em projetos reais. Na Figura 24 a dedicação e empolgação dos alunos diante dos desafios propostos e das ferramentas motivadoras, como acreditam os pesquisadores e todos nós que cremos no potencial da Realidade Virtual e Aumentada.

Figura 24 - Construindo a locomotiva à esquerda e a passagem de parâmetros à direita



Fonte: Edge Hill²⁹ (2017)

F) Grupo da *Pennsylvania State University – Penn State World Campus*

O grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do *Penn State World Campus*, pela própria história dessa universidade pública estadual, uma das poucas instituições do mundo que oferece cursos *on-line* da graduação ao doutorado. Não se trata de EAD (Educação a Distância) que já se tornou conhecida no mundo inteiro, mas de uma modalidade com aulas pela internet (em tempo real) e em qualquer lugar do mundo. Certamente, essa peculiaridade levou o grupo de pesquisadores que atuam na graduação em *design* gráfico, propor experiências com ensino *on-line* imersivo. Essa experiência ainda não tem uma massa de dados para análise, pois foi implanta no primeiro semestre de 2017.

O diferencial do grupo consiste em substituir o material disponibilizado em *slides* ao término das aulas *on-line*, por vídeos em 360 graus e recursos de Realidade Virtual e Aumentada, com a proposta de aprendizagem por imersividade. Interessante que o grupo não criou ou propôs alguma ferramenta ou recursos digitais tecnológicos

²⁹ Edge Hill: <http://bit.ly/2tpVYpJ> (atalho encurtado)

diferenciados, e sim organizou aplicabilidades para as tecnologias disponíveis no mercado. Os alunos acostumados com exposições bidimensionais dos *slides*, agora recebem os conteúdos de forma imersiva, gravados com câmaras 360 graus, para serem vistos com óculos e fones de Realidade Virtual e Aumentada.

“Há algo sobre colocar esse fone de ouvido e imergir-se em seu ambiente de aprendizagem que permite que você faça uma conexão mais profunda com o que está aprendendo”, disse Chris Millet, diretor do *Penn State World Campus* que aprende operações de *design*. “Nós demos um salto quântico em termos da eficácia de como esses conceitos são ensinados para uma pequena quantidade de esforço e despesa”. (MIKE DAWSON, 2017)

Quadro 6 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados RefSeek (continua)

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
Grupos de pesquisas do HHMI (<i>Howard Hughes Medical Institute</i>) – EUA	Diversos recursos digitais gerados	Saúde, Ciências físicas e biológicas e outras áreas	É possível observar as ideias construtivistas e construcionistas, além do foco constante em interdisciplinaridade nos projetos dos grupos. Não se pode afirmar que adotam exclusivamente uma teoria ou linha pedagógica.
Grupo de pesquisa <i>The Franklin Institute</i> – Philadelphia - EUA	<i>Terracotta Warriors AR App</i>	Ciências, Física, História e outras áreas	Aprendizagem colaborativa e construtivismo

Quadro 6 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados RefSeek (continuação)

<p>Grupo de pesquisa do <i>Carnegie Mellon University's Entertainment Technology Center</i> - EUA</p>	<p><i>Wonderland</i> – <i>Software</i> ALICE</p>	<p>Física, Matemática, Astronomia e outras áreas</p>	<p>Aprendizagem por descoberta e investigação científica utilizando modelagem computacional.</p>
<p>Grupo da <i>Pennsylvania State University – Penn State World Campus</i></p>	<p>Vídeos 360⁰</p>	<p>Diversas áreas</p>	<p>Trabalham com propostas distintas apoiadas pelas TIC.</p>
<p>Grupo de pesquisa da Agência Espacial Americana NASA (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>) – <i>Project Museum Alliance</i> - EUA</p>	<p>Museum Alliance - <i>Earth to Sky</i></p>	<p>Física e Astronomia</p>	<p>As abordagens pedagógicas não são claras, mesmo tendo diversas escolas participantes das palestras e experimentos.</p>

Quadro 6 – Resumo das principais características dos grupos encontrados na base de dados RefSeek (conclusão)

Grupo de pesquisa da <i>Edge Hill University</i> – London: <i>Creative Virtual Reality Lab</i> - Inglaterra	<i>LocomotiveBuilder</i>	Matemática, Física e outras áreas	Utilizam modelização, aprendizagem por práticas interdisciplinares. Acreditam no potencial do aprender através dos recursos digitais e investigações científicas. Não se intitulam como adeptos de uma linha pedagógica específica, tão pouco de teorias, mas é possível observar diversos conceitos da Teoria da Visualização e do construtivismo.
---	--------------------------	-----------------------------------	---

Fonte: o autor.

2.2.7 Levantamento feito na base de dados REDALIC

Adotou-se com a base de dados REDALIC, os mesmos procedimentos de buscas utilizados com as bases anteriores. Ou seja, utilizando como extratores ou palavras-chave: *VR Group*, *AR Group*, *AVR Group*, *Education Technology Group*, *Virtual Reality in Science Education*, *Augmented Reality in Science Educational*. As ocorrências foram as seguintes:

Grupo de pesquisa em Arquitetura e Educação Urbana - *Universidad Politécnica de Catalunya (Espanña)* e *La Salle, Universitat Ramon Llull (Espanña)*.

O grupo realizou uma importante experiência sobre as mudanças arquitetônicas na cidade de Barcelona, tendo como métrica as melhorias oriundas dos jogos olímpicos realizados por lá em 1992. As duas universidades apostaram no potencial da Realidade Aumentada e os fatores motivacionais provocados pelas TDIC utilizadas rotineiramente pelos estudantes dos cursos superiores de ambas instituições. Criou-se um grupo formado por 25 alunos, sendo 17 equipados com tecnologias móveis e aplicativos de Realidade Aumentada e 8 alunos que cumpriram suas pesquisas de campo sem o uso de recursos digitais.

O foco principal do experimento era reconstruir praças, ruas e locais públicos que foram alterados pela realização das Olimpíadas de Barcelona, gerando maquetes e modelagem 3D, fotos comparativas e montagens com o uso de marcadores de Realidade Aumentada. A pesquisa aponta para um desempenho superior do grupo que utilizou tecnologias móveis (celulares e *tablet*) em relação ao grupo controle. Os pesquisadores destacaram os fatores motivacionais e o engajamento bem superior dos alunos que utilizaram os recursos digitais, mesmo com as limitações tecnológicas que não permitiram a produção de maquetes virtuais com mais de 2,5 metros de altura. Tudo isso devido a distância máxima entre os alunos e os marcadores de Realidade Aumentada que originavam as maquetes virtuais, mas essas limitações não inibiram o resultado final e muito menos a motivação do grupo.

Interessante destacar que este grupo adotou a Visualização nos seus experimentos, um dos referências teóricos utilizados pelos autores na pesquisa que originou este artigo. A ideia do grupo é trabalhar com Realidade Virtual e Aumentada (RVA) ou Realidade Mista (RM), que são projetos que utilizam o potencial de ambas de forma combinada e simultânea. Uma outra observação fica por conta da formação recente do grupo, já que o artigo é de 2017, porém apresenta resultados relevantes. A determinação dos pesquisadores em utilizar RVA e contemplar alunos com deficiência, torna o projeto uma referência inclusiva na Catalunha, região que abriga um dos grupos mais importantes na área de desenvolvimento de recursos digitais para pessoas com deficiência, chamado **grupo Lagares** e que certamente influenciou essa percepção e determinação dos pesquisadores.

Quadro 7 – Resumo das principais características do grupo encontrado na base de dados REDALIC

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
Grupo de pesquisa em Arquitetura e Educação Urbana - <i>Universidad Politécnica de Catalunya (España) e La Salle, Universitat Ramon Llull (España)</i>	Utilização de recursos digitais de terceiros, aplicativos de Realidade Aumentada.	Arquitetura e Educação Urbana	Visualização

Fonte: o autor

2.2.8 – Levantamento feito diretamente nas bases de dados das maiores universidades do mundo

As buscas nas 20 (vinte) maiores bases de dados encerraram-se no item 2.2.7, base *Redalib*. É importante destacar que muitas delas não apresentaram ocorrências e, por isso, não aparecem neste levantamento. Algumas utilizam ponteiros para artigos publicados em outras bases, bem como para periódicos fechados. Os procedimentos adotados foram as leituras das publicações que relatavam recursos computacionais gerados pelos grupos ou universidades dos autores, mas sem a obrigatoriedade de utilizar a referência do artigo, já que nenhuma informação ou conclusão foram tiradas dos mesmos. Serviram tão somente para identificação do que estava sendo produzido ou aplicado de forma relevante e ressonante com a pesquisa aqui desenvolvida. Certamente, alguns artigos foram utilizados de modo direto e, com isso, aparecem no texto e nas referências.

Este levantamento, até o momento, evidenciou o raríssimo uso da Realidade Virtual e Aumentada com vídeos 360 graus. Apenas dois grupos utilizam esses recursos em conjunto, sendo que um não gerou ferramentas ou recursos digitais, todavia, constata-se um uso bem relevante e, assim sendo, foram citados em 2.2.6 item F, o grupo da

Pennsylvania State University – Penn State World Campus que iniciou um experimento no primeiro semestre do ano de 2017, e por ser uma iniciativa muito recente não possui publicações nas principais bases. A identificação foi possível devido a uma citação de um dos pesquisadores em outro artigo.

Outro grupo elencado neste levantamento e que apresentou um trabalho de grande importância envolvendo vídeos 360 graus com RVA, foi citado em 2.2.4 item A- O grupo de Engenharia e Biotecnologia do *Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ – Leipzig – Sachsen – Germany – Planktomania Project*. Este grupo utiliza vídeos 360 graus para capturar imagens oceanográficas e disponibilizar para renderização (criação de modelos) e, com isso, utilizá-los com a Realidade Aumentada, ou com outros fins como a modelagem física.

Após essas considerações, iniciam-se as apresentações feitas diretamente pelas maiores universidades do mundo, priorizando aquelas que não apareceram em nenhuma das bases de dados elencadas neste capítulo, mas que possuem recursos digitais reconhecidos pelos pares. Os grupos identificados de forma direta são:

A) Grupo de pesquisa *Education Arcade – Massachusetts Institute of Technologies (MIT)*

Este grupo de pesquisadores responsáveis pelo *Education Arcade*, utiliza como prerrogativa de publicar diretamente na base *Dspace* (que é um *software* gratuito utilizado pelos repositórios digitais de bibliotecas e universidades do mundo inteiro), sempre com a licença no formato *Creative Commons*

Os pesquisadores que atuam neste laboratório ou projeto de pesquisa *Education Arcade*, além de seguirem as tradições da renomada instituição que estão vinculados, possuem como grande referência Seymour Papert, piagetiano e um dos fundadores do *Media Lab*, seguramente um dos maiores laboratórios de tecnologias educacionais dos Estados Unidos e, provavelmente, do mundo. A influência positiva de Papert e a sua postura construtivista, são observadas em diversos *softwares* do grupo e inclusive na filosofia adotada por todos pesquisadores.

Na página de abertura do grupo consta a seguinte apresentação: Para esse fim, sempre buscamos descobrir o que é autenticamente divertidamente lúdico em uma área de conteúdo particular e trabalharmos para trazer a brincadeira e o engajamento à frente do processo de ensino e

aprendizagem. Esta filosofia permeia tudo o que fazemos – programa de licenciamento de professores, desenvolvimento profissional pré e em serviço, jogos, simulações e ferramentas de programação. Cada um desses programas é projetado para apoiar a exploração e descoberta dirigidas por professores e alunos. **(Tradução livre e direta do autor)**

Vejam os principais produtos do *Education Arcade*, que foram concebidos ou que utilizam a Realidade Virtual e Aumentada de forma direta e ressonante com esta pesquisa.

1) *Imagination Toolbox*: Trata-se de um treinamento com duração de uma semana, onde os professores e educadores informais aprendem a desenvolver aplicações 3D com o *software StarLogo*, que é um ambiente de programação para quem não tem experiência, mas possui muita aptidão e determinação para encarar os desafios de gerar aplicativos ou até mesmo apoiar suas aulas com objetos 3D de sua própria criação. Esta é a “porta de entrada” para gerar aplicações com Realidade Virtual e Aumentada;

2) *Gameblox*: Este projeto é apresentado como uma ferramenta de programação baseada em blocos projetada especificamente para ser a porta de entrada para o *design* de jogos. É similar ao famoso aplicativo, *MIT App Inventor*, que possibilitou o surgimento de vários programadores talentosos no mundo inteiro e pode-se dizer que democratizou a criação de aplicativos para dispositivos móveis. A ferramenta *Gameblox* fornece um ambiente para que os iniciantes possam criar jogos divertidos, de forma descomplicada, incorporando algumas das tarefas de programação mais complexas como, por exemplo, conteúdos de física tais como colisões e gravidade dentro dos blocos.

A partir do contato preliminar com este ambiente de programação, os iniciantes e os mais experientes, são conduzidos gradativamente para desafios maiores e inclusive para oficinas de criação de jogos educacionais com Realidade Virtual e Aumentada;

3) *The Teaching Systems Lab Investigates*: É um laboratório que oferta nivelamentos para que os professores possam utilizar os recursos digitais em suas aulas e se apropriarem das diversas possibilidades. O Laboratório de Sistemas de Ensino faz um levantamento dos requisitos necessários para os professores, preparando-os para as salas de aulas digitais;

4) *The Radix Endeavor*: É um jogo *on-line* projetado para vários jogadores interagirem e aumentarem seus conhecimentos de matemática

e biologia. São questões para resolver em um mundo virtual, em que os alunos simulam como uma determinada espécie poderá se adaptar às mudanças ambientais ao longo das futuras gerações. São disponibilizadas pistas sobre os animais virtuais e, então, os alunos podem realizar conexões com essas informações, diagramar e catalogar espécies de vegetais e animais, tudo isso num ecossistema virtual. É um jogo educativo em Realidade Virtual e Aumentada, atrativo e que oferece vários recursos para serem explorados pelos professores em sala de aula.

Vale destacar que é um jogo imersivo e disponível no portal do *Education Arcade*, assim como outros diversos projetos e recursos tecnológicos que o grupo disponibiliza, sempre com instruções de uso e vários desafios para todos os níveis.

B) Grupo de pesquisa da *Princeton University: Council on Science and Technology – CST StudioLab*

O Conselho de Ciências e Tecnologia (CST, sigla em inglês) da Universidade de Princeton, criou o *StudioLab* com o objetivo de ter um espaço versátil, que pudesse acolher pesquisadores de todas as áreas, indo do STEM (sigla em inglês para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, ou Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática em português), perpassando pelas artes, humanidades e ciências sociais. A ideia é gerar novos projetos com recursos tecnológicos da Realidade Virtual e Aumentada, incluindo as áreas da robótica e modelagem com impressoras 3D. Aproveitar a sinergia das diversas áreas é um dos maiores desafios, sendo que a criatividade e versatilidade dos seus pesquisadores estão sempre sobressaindo, de acordo com a apresentação do *StudioLab*. Indo direto ao ponto central deste levantamento, recursos de Realidade Virtual e Aumentada gerados e aplicações, pode-se destacar que os projetos são altamente interdisciplinares, assim como o próprio *StudioLab*, propondo uma mescla de modelização 3D e o uso de ferramentas de desenvolvimento de RVA. São iniciativas que vão desde um piano feito com folhas de papel A4, modelagem de manequins para a área de artes e muitos treinamentos sobre os recursos disponíveis. O perfil do grupo é mais para aplicação do que desenvolvimento, mas é notório que há uma cultura de uso de recursos digitais tecnológicos envolvendo Realidade Virtual e Aumentada em diversas áreas. As iniciativas estão em vídeos curtos que não permitem uma análise mais apurada, mas serve para se ter uma visão geral do que vem sendo feito por essa conceituada universidade.

C) Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da *Stanford University -Virtual Human Interaction Lab (VHIL)*

O grupo de pesquisadores do VHIL está mais centrado nas implicações do uso de simulações imersivas entre seus praticantes em tempo real, pois a maioria dos jogos e demais atividades com o uso da Realidade Virtual e Aumentada ocorrem com interação entre dois ou mais praticantes e estes assumem seus avatares e agem coletivamente. Com isso direcionam seus problemas e programas de pesquisa em três grandes questões, mas sem se limitarem às mesmas. As perguntas que movem o grupo são:

1. Quais são as novas questões sociointeracionistas que surgem a partir de sistemas de comunicação com a Realidade Virtual imersiva?
2. Quais as contribuições da Realidade Virtual como ferramenta de pesquisa básica para medir e estudar as nuances da interação cara a cara “face to face”?
3. De que modo a Realidade Virtual pode ser utilizada para melhorar o cotidiano das pessoas, oferecendo variáveis que auxiliem em estudos sobre empatia, comunicação e outros?

O perfil do grupo é extremamente interessante, pois consegue atuar em diversas linhas, não se limitando ao desenvolvimento de recursos digitais a partir de demandas geradas; tão pouco assume postura de pesquisadores que utilizam o que está disponível no mercado. O VHIL faz as demandas surgirem, estudando as simulações e imersões de forma efusiva e ainda geram novas ferramentas a partir dos resultados da pesquisa. No campo educacional, em destaque a partir do que está disponibilizado no portal, temos:

Sala de aula presencial x sala de aula virtual: ³⁰É um projeto investigativo que recebeu o nome oficialmente de *Learning in immersive VR*, que visa medir quais influências e ações comportamentais se fazem presente nas duas modalidades e como o comportamento no mundo virtual pode melhorar e influenciar os processos ensino-aprendizagem?

O projeto é apresentado do seguinte modo:

Uma sala de aula virtual dá aos pesquisadores a liberdade de realizar experimentos com total controle sobre as ações e a aparência de professores virtuais, colegas de classe e ambientes. Em colaboração com pesquisadores da escola de graduação em educação, estamos investigando as interações entre sujeito da turma, ambiente de

³⁰ <https://vhil.stanford.edu/projects/2015/learning-in-immersive-vr/>

aprendizagem e maquiagem em sala de aula sobre o interesse e aprendizagem dos participantes em uma classe virtual. Através do mundo virtual, também somos capazes de monitorar com precisão o comportamento dos participantes na sala de aula e procurar correlações entre esses comportamentos e resultados de aprendizagem.

O trabalho prévio no laboratório mostrou que acreditar que alguém teve uma interação social em um ambiente virtual pode aumentar a excitação, concentrar a atenção e melhorar a aprendizagem. Além disso, as experiências do mundo não-virtual foram replicadas e expandidas na realidade virtual, incluindo o estudo da ameaça de estereótipos imposta pelos avatares e a análise de gestos utilizados na resolução de problemas de matemática. **(Tradução direta do autor)**

Projeto Comportamento Sustentável³¹: É um projeto interdisciplinar e que envolve as áreas de biologia e química mais diretamente, mas com vieses que podem ser utilizados por outras áreas com toda certeza. Os focos principais são as influências humanas nas mudanças climáticas e o processo de acidificação de oceanos como uma das causas diretas das nossas ações que poluem e degradam a qualidade de vida do planeta. Abaixo a apresentação no formato direto, para evitar distorções ou uma caracterização equivocada do autor deste trabalho aqui apresentado.

Eventos climáticos extremos agora estão dramatizando o efeito que os humanos estão tendo no planeta. No entanto, ainda enfrentamos grandes desafios para evitar alterações climáticas irrevogáveis. Não se trata simplesmente de convencer os políticos céticos: trata-se de levar o público a visualizar como seus comportamentos (como dirigir um carro com combustíveis poluentes ou viver em uma casa ineficiente de energia) estão contribuindo para um problema que só pode se manifestar completamente nas décadas

³¹ <https://vhil.stanford.edu/projects/2015/sustainable-behaviors/>

futuras. Um desses problemas é a acidificação dos oceanos.

A maioria das pessoas nunca ouviu falar da acidificação do oceano – o processo pelo qual o oceano se torna mais ácido à medida que absorve o dióxido de carbono que liberamos para a atmosfera – ou assumimos injustamente que é outro termo para a chuva ácida. Em nossas experiências, os aprendizes experimentam múltiplas fases dos processos que resultam na acidificação do oceano. A primeira fase personifica o processo como resultado da queima de combustíveis fósseis, nos quais os alunos seguem moléculas de CO_2 à medida que são liberados para a atmosfera e absorvidos pelas águas superficiais do oceano. Essas simulações são guiadas pelos nossos colaboradores da ciência marinha - Kristy Kroeker e Fio Michelli, e serão formatados para acomodar lições para várias faixas etárias. Nosso colaborador, Roy Pea³², orientará a parcela da ciência da aprendizagem do projeto, teste e divulgação para as simulações. Usaremos equipamentos RV móveis para coletar dados de uma amostra grande e demograficamente diversa, fora do contexto laboratorial. (Tradução do autor)

Figura 25 – Simulação dos efeitos da acidificação dos oceanos



Fonte: <https://vhil.stanford.edu/projects/2015/sustainable-behaviors/> (2015)

³² Professor e líder de um outro importante grupo de pesquisa da Universidade de Stanford, que pode ser acessado pelo endereço: <http://web.stanford.edu/~roypea/>

D) Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do Instituto Federal de Tecnologia de Zurique – ETH – ZURICH: *Group Innovation in Teaching*

O *Swiss Federal Institute of Technology in Zurich*, ou *ETH – Zurich*, ocupa a 23ª posição no ranking mundial das universidades (*Center for World University Rankings – CWUR*)³³. Este levantamento buscará informações diretas nas 100 primeiras, caso não tenham sido contempladas nas buscas feitas nas bases de dados. Portanto, este grupo já representa a quarta ocorrência direta, com a pesquisa somente em inglês e com algumas universidades que não possuem seu conteúdo 100% no idioma de busca, não fará parte deste levantamento, mesmo ocupando uma das 100 primeiras posições do CWUR.

O grupo de pesquisa do *ETH – Zurich, Group Innovation in Teaching*, recebe apoio dos pares dos mais diversos departamentos do ETH, é formado por professores de todas as áreas e ainda contam com apoio técnico de servidores especializados em tecnologias computacionais. Significa dizer que o professor de biologia ou matemática, por exemplo, não precisa se tornar um exímio programador para criar um aplicativo. Todos departamentos possuem servidores especializados lotados para apoio ao grupo. Cada departamento tem o pessoal que faz o gerenciamento e formam um grupo específico chamado *LET Innovation Management*. A reitoria possui um fundo especial para apoio financeiro aos grupos, supervisionado diretamente pelo reitor. Muitos projetos recebem o nome deste fundo (*Innoventum*), justamente para que todos saibam da proveniência do capital e do investimento feito. Dentre os projetos, uma aplicação feita em Realidade Aumentada para tecnologias móveis (*tablets* e celulares), chamado *EduApp*, faz muito sucesso nas aulas de física.

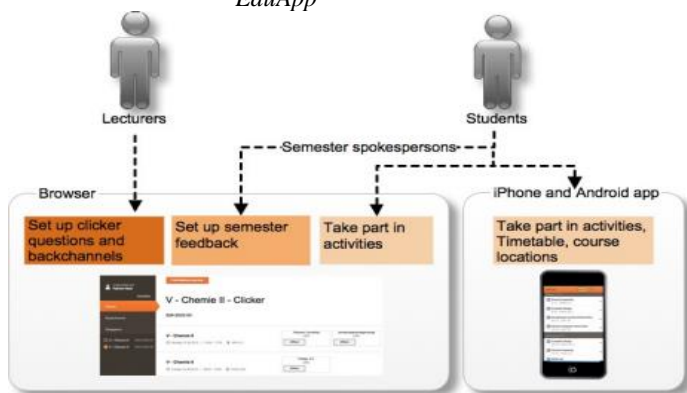
O *EduApp* é interativo, utiliza o acesso da rede para criar e ativar perguntas, apresentar os resultados e coletar o *feedback* dos alunos durante seu curso. É o professor que libera as atividades do livro para acesso com Realidade Aumentada através de marcadores e, com isso, ele acompanha na tela todo desempenho de cada aluno logado na rede *EduApp*. Consegue também verificar quem acertou os exercícios, quem chegou à resposta correta, sem precisar se deslocar na sala de aula, carteira por carteira.

O aplicativo é acionado normalmente por cliques nos níveis e semestres desejados e a ativação é sempre feita pelo professor, pois é

³³ <http://cwur.org/2016.php>

quem selecionará as perguntas e controlará as respostas dos alunos (*feedback*). No portal há uma versão que pode ser baixada gratuitamente para teste, mas certamente o currículo estará de acordo com as propostas do ensino de física na Suíça. Abaixo, na Figura 26, os passos de acesso ao EduApp. Da esquerda para a direita, o professor cria as questões, clicadas no canal de retorno; o porta-voz do semestre cria as respostas; os estudantes participam das atividades no horário e local do curso.

Figura 26 – Fluxo de trabalho do aplicativo *EduApp*



Fonte: EduApp (2017)

A satisfação é de todos, pois dificilmente o aluno sairá sem conseguir chegar na resposta. Pode ser utilizado em outras disciplinas, mas o exemplo do grupo foi numa aula de física e poderia ser de matemática, química e outras. Um dos professores disse como trabalha com o aplicativo e não economizou palavras para demonstrar a sua satisfação e objetividade. Vale destacar que as palavras abaixo não sofreram alterações, foram traduzidas e citadas de acordo com a fonte original e não representam necessariamente a opinião do autor.

Professor Dr. Meike Akveld: "O *EduApp* me dá *feedback* direto se os alunos entenderam o que ensinei. Eu sempre solicito a um dos alunos para explicar a resposta correta, o que geralmente é útil. É também uma mudança agradável para eles ".
(Tradução direta do autor)

Figura 27 – Aluna utilizando o *EduApp* na aula de física



Fonte: <https://www.ethz.ch/en/the-eth-zurich/education/innovation/eduapp.html> (2017)

E) Grupo da *University of Wisconsin–Madison: Institute for Discovery (WID)*

Aqui está mais um importante grupo que foi localizado com busca direta, já que as 20 (vinte) maiores bases de dados utilizadas, neste levantamento, não fizeram alusão ao mesmo. Este fato pode ter ocorrido por publicações feitas em base de dados próprias ou por outros motivos. Importante é que o grupo foi localizado, graças à posição da universidade no *ranking* das 100 primeiras. Suas informações serão compartilhadas, divulgadas para o mundo acadêmico por este trabalho de pesquisa. Vamos aos dados.

O Instituto foi criado em 2010 e com ele o *WID Research Lab*, visando explorar e gerar novas formas de inovação a partir das tecnologias chamadas emergentes, aplicáveis em ciência e engenharia. Iniciou com 19 pesquisadores, docentes de programas da universidade com perfis dinâmicos e inovadores e que segundo a diretora, Dra Jo Handelsman, o grupo publicou mais de 500 artigos em diversas áreas. Em 2017, o grupo decidiu assumir o papel de catalisador da inovação por meio de pesquisas interdisciplinares no campus da Universidade Wisconsin-Madison e, com isso, alguns pesquisadores que já atuavam com Realidade Virtual e Aumentada fortaleceram suas ações e contribuíram para mais desdobramentos das mesmas. Os principais projetos em RVA do *WID Research Lab*, são os seguintes:

*Living Environments Lab*³⁴, este laboratório é um espaço onde os pesquisadores exploram as conexões entre ambiente, tecnologia, ação humana, experiência e visualização. A ideia é literalmente, um ambiente de vida que mescle as relações provocadas pelas atividades virtuais e reais

³⁴<https://wid.wisc.edu/research/labs/living-environments-laboratory/>

num espaço com equipamentos que permitem os estudos sobre visualização e Realidade Virtual em educação. Para o desenvolvimento dos projetos, este laboratório possui um dos principais instrumentos de pesquisa, sonho de consumo de todos que trabalham com RVA. Trata-se de uma caverna de Realidade Virtual ou CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) como é conhecida, com seis lados para experiências totalmente imersivas.

Os responsáveis pelo laboratório relatam que os projetos envolvem departamentos como Engenharia Industrial e de Sistemas, Estudos de *Design*, Biblioteca e Ciência da Informação, Enfermagem, Arte, Dança, Ciências Humanas e outras áreas.

[...]. Estamos desenvolvendo um avanço intelectual mais amplo, expandindo nosso repertório dos tipos de dados científicos e acadêmicos que analisamos e visualizamos. Congratulamo-nos com colaboradores de todo o campus, do estado e da nação para participar deste esforço através da aquisição de dados, práticas de visualização e análise de dados em 3D. (Tradução direta do autor)

Acontecem diversos projetos de pesquisa no *Living Environments Lab* e um extremamente importante e ressonante com a pesquisa aqui apresentada, é exatamente um focado nos estudos sobre visualização coordenado pela professora doutora Karen Schloss³⁵. Essa pesquisadora investiga como os observadores fazem inferências sobre objetos e entidades, com base em suas respostas cognitivas e emocionais, em relação a informação perceptiva. O foco está em como associações de pessoas com cores influenciam o processamento cognitivo em três grandes áreas: resposta estética, julgamento e tomada de decisão e interpretação de visualizações e informações. A pesquisadora, segundo o portal de divulgação do grupo, adota uma abordagem empírica para o projeto, onde os anseios permeiam os entendimentos sobre como deve ocorrer a comunicação efetiva através de visualizações e o que determina a resposta efetiva, bem como às percepções geradas. A pesquisa pode ser acompanhada pelo endereço dedicado do *Institute For Discovery (WID)*³⁶

Este projeto torna-se importante para este trabalho, e no capítulo 4, dedicado à visualização, novos dados e perspectivas serão postas em discussão sobre o que se almeja e quais avanços alcançados.

³⁵ <https://wid.wisc.edu/people/karen-schloss/>

³⁶ <https://schlosslab.discovery.wisc.edu/>

F) Grupo da *Duke University – Duke Immersive Virtual Environment (DIVE)*

O grupo de pesquisa que atua no DiVE, que é uma sala projetada para ser uma CAVE de RV do mesmo estilo do projeto WID apresentado no item anterior. É composto por pesquisadores de diversas áreas e desenvolvem projetos com objetivos distintos e, em alguns casos, convergentes e interdisciplinares. O maior ponto de convergência entre os projetos é a necessidade da visualização que todos possuem e a maioria interage devido esta similaridade e, com isso, segundo o próprio grupo, há um envolvimento que eles chamam de polinização cruzada intelectual de diferentes especialidades. O *Duke Immersive Virtual Environment (DIVE)* se transformou num ambiente compartilhado e propício para professores e alunos exercitarem suas imaginações e trabalharem em conjunto com a Realidade Virtual e Aumentada.

Assim como os demais grupos apresentados, neste capítulo, o *DIVE* também possui uma boa produção intelectual³⁷, porém com um diferencial de ter uma tese de doutorado desenvolvida por lá e que certamente utilizou os recursos de RVA e a sinergia com diversos grupos que compartilham o mesmo espaço e suas experiências. A produção desses pesquisadores, realmente é um ponto de grande destaque.

Em relação aos produtos gerados, como não poderia ser diferente, existem aplicações e recursos digitais desenvolvidos para as áreas da biologia, psicologia, engenharias e matemática. Abaixo, será apresentado o ML2VR, um recurso digital que combina as funcionalidades e módulos do *MatLab*, que é um *software* matemático antigo e utilizado em diversas áreas, inclusive para plotagem de sólidos geométricos e, incrivelmente, para estabilização de plataformas petrolíferas. A combinação das funcionalidades deste importante ferramental matemático com a Realidade Virtual e Aumentada, realmente, mexe com a imaginação e as aplicabilidades são incomensuráveis.

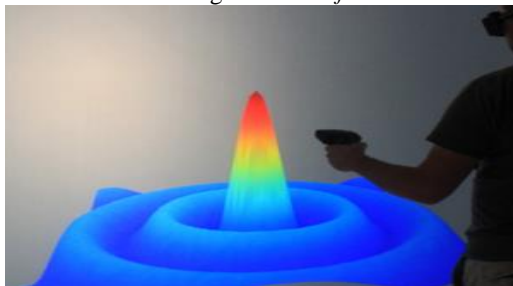
ML2VR – providing matlab users an easy transition to virtual reality and immersive interactivity- Fornecimento de recursos para os usuários do *MatLab* através de uma transição fácil para a Realidade Virtual Imersiva e Interativa.

O principal pesquisador desenvolvedor e articulador deste sistema de *software* ML2VR, David J. Zielinski, Figura 28, acredita que o sistema, por se integrar facilmente com os *scripts MatLab* (interface de programação), fornecerá uma grande melhora na capacidade de visualização e interação com os sistemas da Realidade Virtual (RV).

³⁷ <http://virtualreality.duke.edu/publications/>

Deste modo ele espera que as funcionalidades possam atrair mais usuários para a RV, principalmente, a numerosa comunidade de programadores *MatLab*. Segundo David J. Zielink, tanto os usuários e os programadores, transitaram facilmente pelos sistemas imersivos.

Figura 28 – *Software ML2VR*



Fonte: *Duke Research*³⁸ (2017)

G) Grupos de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da Universidade de São Paulo – USP

Na abertura deste capítulo, item 2.1, dedicaram-se algumas páginas para se falar exclusivamente sobre as universidades brasileiras que possuem ações nos campos da Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Misturada ou Realidade Virtual e Aumenta (RVA), sendo este último o mais adotado no Brasil e no exterior. Não se omitiu nem mesmo as produções de artigos que foram publicados em veículos de divulgação científica reconhecidos e validado pelos pares. Este reconhecimento refere-se às recomendações, ou qualis, instrumento utilizado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), nosso órgão máximo de avaliação dos cursos de graduação e pós-graduação, bem como, promotora de fomento às pesquisas e o trabalho aqui apresentado é financiado por esta importante agência do governo federal brasileiro.

Pois bem. O Quadro 01 apresentado no item 2.1.1, aponta para existência de grupos de pesquisa em (RVA) nas 5 (cinco) regiões do Brasil (norte, nordeste, centro-oeste, sul e sudeste). Representando o sudeste, estado de São Paulo e a Universidade de São Paulo (USP), está um dos grupos mais conceituados do Brasil, chamado *Interlab*. Este

³⁸ <http://virtualreality.duke.edu/research/completed-research/>

grupo, além de representar a Universidade de São Paulo, é sem dúvidas um grande organizador do (*Symposium on Virtual and Augmented Reality - SRV*), de âmbito internacional do *Workshop* de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), de abrangência nacional e com influência regional. São esses eventos que dão visibilidade e aproximam os trabalhos e estudos dos diversos grupos de pesquisa certificados junto ao CNPq das demais comunidades acadêmicas e interessados no tema.

Das primeiras edições do SRV, sempre com apoio da (Sociedade Brasileira de Computação - SBC) e de todas entidades conveniadas, inferiu-se sobre a importância de ter uma (Comissão Especial de Realidade Virtual - CERV), no intuito de promover um pré-simpósio de nivelamento dos conceitos básicos de RVA e acolher e apoiar os esforços dos grupos de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada no âmbito Educacional.

A Universidade de São Paulo é a universidade brasileira e latino-americana melhor posicionada no *ranking* mundial das universidades (*Center for World University Rankings – CWUR*), ocupando a posição 138 num total de 1000 ranqueadas do mundo inteiro no ano 2016. Este é o motivo dos grupos desta importante instituição brasileira, figurar neste espaço em destaque e com o mesmo tratamento dado aos grupos das 100 maiores acima listadas.

Interessante destacar que a Universidade de São Paulo ostenta um número de pesquisadores dedicados a Realidade Virtual e Aumentada, bem superior aos que foram encontrados nas demais universidades que apareceram neste capítulo anteriormente. Dentre os grupos que atuam diretamente com Realidade Virtual e Aumentada e a geração de recursos digitais voltados para o ensino de ciências, este levantamento destacará:

G1) Grupo de pesquisa Realidades: Das Realidades tangíveis às Realidades Ontológicas e Correlatos

Assim como muitos grupos citados anteriormente, este grupo não foi constituído por pesquisadores do ensino de ciências (matemática, física, biologia e química) e sim das áreas das expressões artísticas, semiótica e do ensino das artes visuais de forma contextualizada, mas possui um caráter agregador e recursos digitais gerados pelo grupo que misturam matemática, Realidade Virtual e Aumentada e as artes.

Num dos itens de apresentação sobre a natureza e criação do grupo, pode-se ler as seguintes palavras: “*Convidar pesquisadores, professores e artistas especialistas sobre questões da arte e ciência a participar do grupo ocasionalmente de acordo com a área específica a ser estudada*”.

Pela ótica do item acima que o grupo foi pesquisado e escolhido para este levantamento, vejamos um dos recursos digitais que seus pesquisadores geraram:

Recurso digital Enigma 2.0- $f(\Delta t)$: Um Enigma para Bergson³⁹

Este recurso digital do grupo possui elementos de RV não-imersiva, utilizados sutilmente com o objetivo de explicar a dependência entre sistemas autônomos e a função dada por: $f(\Delta t) = TU - TT$, onde TU é o tempo universal e TT é o tempo terrestre. Segundo os narradores do vídeo, utilizaram uma instalação interativa com projeções retroalimentadas por uma câmera, a partir de fusões de imagens com percentual de transparência e intervalo de tempo. O sistema captura a cada instante uma imagem pela câmera, salvando-as num arquivo, e imediatamente após o salvamento a imagem é realocada como fundo da próxima que será capturada novamente e, assim sucessivamente, em “eterna” circularidade. A narrativa do vídeo será literalmente transcrita abaixo.

Cada imagem capturada será apresentada sobre a imagem da câmera que continua capturando numa porcentagem de transparência específica. O resultado é um movimento aparente, que também se desloca pelo volume gerado pelas sobreposições. Ou seja, é uma movimentação que ocorre entre as camadas justapostas das diversas imagens capturadas e gravadas. O resultado dessas marcas do tempo é que quanto mais se permanece estável, maior é a durabilidade no sistema. Enquanto que a instabilidade leva ao desaparecimento. Os narradores continuam explicando e fazem uma analogia com a rotação da Terra que é um sistema autônomo, mas que perde a sua irregularidade por ações de outros sistemas como as marés, degelos e acidentes ambientais, por exemplo. Resumidamente, explicam que fatores ambientais devem ser levados em consideração e evidenciar a relação de dependência, mesmo entre sistemas sabidamente autônomos. Segundo os narradores do recurso digital, “Um enigma para Bergson”⁴⁰, a dependência em sistemas foi

³⁹ Henri Bergson, filósofo francês, autor de ensaios sobre dados imediatos da consciência, matéria e memória. “Pesquisa livre e adendo do autor”.

⁴⁰ <http://bit.ly/2MeDggJ> (endereço encurtado)

apresentada poeticamente, já que a porcentagem de transparência aplicada a cada imagem sobreposta dependerá da hora, local e onde está sendo feita a instalação. Isso, conseqüentemente, causará um efeito onde os fluxos de variação, duração e permanência da imagem parecerão ter velocidades diferentes com o passar das horas. Retroalimentando os dados com a localização do sistema solar, cria-se uma dependência entre sistemas, obras e seu ambiente, que também apresentará mudanças perceptíveis dessa relação. **(Enigma 2.0 – narrativa do vídeo transcrita pelo autor)**

G2) Grupo INTERLAB

Segundo os dados da apresentação do grupo de pesquisadores, o INTERLAB foi criado a partir da fusão de dois outros grupos existentes no início da década de 90, um que se dedicava às pesquisas em Realidade Virtual e o outro que se dedicava à computação gráfica. Em 1996, os grupos se juntaram e criaram o INTERLAB, laboratório de pesquisa aplicada vinculado ao Departamento de Engenharia Informática da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Os focos principais são as novas tecnologias interativas, multimídia e a Realidade Virtual, nos contextos educacionais e entretenimento. Dentre os projetos do grupo se destacam as seguintes ações e recursos tecnológicos gerados:

Produções de livros, teses, dissertações e artigos

O grupo apresenta uma produção muito boa, com livros impressos e digitais, seis teses de doutorado, nove dissertações de mestrado e centenas de artigos. Como já foi dito, o grupo é um dos principais organizadores dos congressos SRV, WRVA e SBGAMES (Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital). São os principais eventos internacionais realizados no Brasil nas áreas da Realidade Virtual e Aumenta e desenvolvimento de jogos, que normalmente ocorrem simultaneamente numa mesma cidade brasileira, apresentados no item 2.1.1 deste capítulo.

O grupo desenvolve vários recursos digitais, principalmente ferramentas e técnicas para ambientes de programação em Realidade Virtual e Aumentada. Os detalhes sobre os projetos em andamento e toda produção do grupo estão disponíveis do portal do INTERLAB.

Quadro 8 – Resumo das principais características dos grupos encontrados nas bases de dados das 100 maiores universidades do mundo (continua)

Identificação do grupo	Recurso digital	Áreas de ensino	Teorias e linhas pedagógicas
Grupo de pesquisa <i>Education Arcade – Massachusetts Institute of Technologies (MIT) - EUA</i>	Diversos <i>softwares</i>	Matemática, Ciências e outras diversas áreas.	O grupo adota o construcionismo de Papert, naturalmente influenciado pela criação do <i>Media Lab</i> , principal laboratório de tecnologias educacionais dos EUA e possivelmente um dos mais importantes do mundo, tendo sido idealizado por Seymour Papert.
Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da <i>Stanford University-Virtual Human Interaction Lab (VHIL)</i>	<i>Learning in immersive VR</i>	Diversas áreas do ciclo que conhecemos por aqui como Educação Básica.	O grupo estuda os efeitos da aprendizagem imersiva. Mesclam diversos fundamentos do sócio interacionismo, mas estão o tempo todo criando aplicativos demandados pelos próprios experimentos.

Quadro 8 – Resumo das principais características dos grupos encontrados nas bases de dados das 100 maiores universidades do mundo (continuação)

<p>Grupo da <i>Duke University – Duke Immersive Virtual Environment (DIVE) - EUA</i></p>	<p><i>Software ML2VR</i></p>	<p>Engenharias, Matemática, Física, Biologia e outras áreas</p>	<p>Visualização e interdisciplinaridade são os pontos mais abordados na forte produção intelectual do grupo.</p>
<p>Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do Instituto Federal de Tecnologia de Zurique – <i>ETH – ZURICH: Group Innovation in teaching – Suíça</i></p>	<p>EduApp</p>	<p>Ensino de Física</p>	<p>O grupo tem representantes e atividades em todas as áreas. Não há uma linha pedagógica específica, mas é possível verificar princípios de algumas linhas nas propostas do grupo. Assim como a maioria dos grupos não fazem referência direta a nenhuma delas.</p>
<p>Grupo de pesquisa da <i>Princeton University: Council on Science and Technology – CST StudioLab – EUA</i></p>	<p>Projeto <i>StudioLab</i>, criação e aplicação de Realidade Virtual e Aumentada.</p>	<p>Diversas áreas de todos segmentos educacionais</p>	<p>Adotam a modelização e com forte ênfase a interdisciplinaridade.</p>

Quadro 8 – Resumo das principais características dos grupos encontrados nas bases de dados das 100 maiores universidades do mundo (conclusão)

Grupo de pesquisa da <i>Princeton University: Council on Science and Technology – CST StudioLab – EUA</i>	Projeto <i>StudioLab</i> , criação e aplicação de Realidade Virtual e Aumentada.	Diversas áreas de todos segmentos educacionais	Adotam a modelização e com forte ênfase a interdisciplinaridade.
<i>Grupo da University of Wisconsin–Madison: Institute for Discovery (WID) - EUA</i>	Laboratórios experimentais de novas tecnologias no ensino.	Engenharia, Ciências, Artes.	Visualização no ensino-aprendizagem. Utilizam seus laboratórios para análises e propostas de aplicabilidades da Realidade Virtual e Aumentada na educação e com o uso da Visualização.
Grupos de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada da Universidade de São Paulo – USP	<i>Software Enigma 2.0</i> e outros diversos recursos digitais.	<i>Software Enigma 2.0</i> e outros diversos recursos digitais.	Assim como os demais grupos citados, não se pode afirmar que estes que se dedicam a RVA na USP sejam construtivistas, sociointeracionistas ou uma outra vertente.

Após as apresentações dos grupos que se dedicam ao uso e concepção de objetos de aprendizagem com a Realidade Virtual e Aumentada, bem como as teorias, linhas pedagógicas e as áreas que os mesmos contemplam, o foco mudará. O próximo capítulo é dedicado ao referencial teórico denominado Teoria da Carga Cognitiva, adotado na concepção do objeto de visualização RVA_360 – Momento Angular.

Antes de iniciarmos os próximos capítulos que trarão os referenciais teóricos que adotamos no processo de criação da ferramenta, vale destacar os seguintes aspectos do levantamento que se encerra:

- Os grupos são interdisciplinares e heterogêneos. Não há uma formação predominante em relação aos recursos humanos, mas todos eles têm em comum um profissional da área de programação ao seu dispor. Os grupos que não fizeram menção direta ao programador dedicado aos processos de criação dos recursos digitais, mencionaram ações integradas com pesquisadores da área computacional das suas instituições ou de outras em formas de parceria. Essa constatação sugere um grau de liberdade para os docentes atuarem dentro de suas especialidades. Ao nosso ver esse diferencial denota maturidade e consolidação da interdisciplinaridade como pontos marcantes dos grupos encontrados.
- Uma outra constatação diz respeito às linhas educacionais e referenciais teóricos que adotam. Nenhuma das ocorrências citou explicitamente a adoção ou defesa do uso da Teoria da Carga Cognitiva ou das prerrogativas da Visualização. Foram feitas algumas citações, porém de forma superficial e sem discussão ou defesa do uso de uma teoria ou linha pedagógica. Na verdade, todos tendenciaram numa abordagem prática de suas ferramentas disponibilizadas, com foco no manuseio e atividades que foram pensadas. Os aspectos voltados ao ensino e/ou ao computacional não foram disponibilizados. Eis um forte motivo para expormos detalhadamente os referenciais teóricos adotados nessa presente pesquisa sobre o potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de objetos de visualização para a aprendizagem de física. Para tal, ambos referenciais serão apresentados em capítulos individuais. Essa mesma postura será adotada nos capítulos 5 e 6, onde buscar-se-á expor

minuciosamente os detalhes técnicos utilizados no processo de criação da ferramenta RVA_360 – Momento Angular. Este foi um dos principais motivos de fazermos uma pesquisa esmiuçada nos grupos de pesquisa do Brasil e do exterior que se dedicam a criação ou utilização de *softwares* educativos feitos com Realidade Virtual e Aumentada, voltados para o ensino de ciências de forma abrangente e para a área da Física de modo mais específico.

• Alguns grupos são exclusivamente aplicadores de soluções criadas por terceiros, uns inclusive com apoio técnico da indústria do entretenimento, outros que divulgam o ensino em espaços não formais como atividades em museus, áreas arqueológicas e etc, mas sem a proposta de difundir suas ações ou propiciar engajamentos de novos grupos a partir de suas práticas. Para os profissionais dedicados aos processos de criação de recursos computacionais, detalhes técnicos e disponibilização das ferramentas adotadas na criação dos avatares, que são personagens virtuais utilizados nos ambientes de Realidade Virtual e Aumentada imersivos ou semi-imersivos, fazem toda a diferença. A nossa busca tinha como meta detectar esses aspectos técnicos computacionais, bem como a fundamentação pedagógica utilizada na concepção destes ferramentas encontrados, mas as constatações foram da ausência e do quanto que deveríamos fazer diferente e iniciar um processo de disponibilização de dados e experiências numa área tão importante para os processos de ensino e aprendizagem. Finalmente, deixamos registrado a disponibilização dos endereços virtuais dos recursos digitais, dos grupos citados neste capítulo 2 e outras informações sobre treinamentos e dicas voltadas para o uso e criação de objetos de visualização com RVA. Encontrarão um apêndice 3 com esses dados no final da apresentação da pesquisa, logo após o capítulo 6. Terminado essas explicações, passaremos a falar sobre a Teoria da Carga Cognitiva.

3 A TEORIA DA CARGA COGNITIVA E A CONCEPÇÃO DE OBJETOS DE VISUALIZAÇÃO UTILIZANDO A FERRAMENTA RVA_360

Este capítulo tem por finalidade apresentar a Teoria da Carga Cognitiva como aporte teórico, onde um dos objetivos é a criação de um ambiente de Realidade Virtual e Aumentada imersiva, como recurso digital voltado para o ensino de ciências com ênfase em física.

Espera-se poder contribuir com futuros usuários da ferramenta RVA_360, onde será disponibilizado os objetos de visualização criados neste trabalho. Serão, por exemplo, tutoriais que auxiliarão na utilização dos recursos digitais gerados e, conseqüentemente, na construção de novos objetos de visualização.

A ausência de livros, tutoriais e materiais que propiciem a criação de recursos digitais utilizando a Realidade Virtual e Aumentada, o baixo número de artigos em língua portuguesa que referenciam a Teoria da Carga Cognitiva como aporte teórico foram as primeiras constatações dessa pesquisa. Sem dúvidas, tais fatores se configuraram como fonte geradora de elementos motivadores, desafiadores, para que se pudesse produzir um capítulo de embasamento teórico educacional. Empreendemos dedicação e bastante cuidado para preencher essa lacuna com um material de pesquisa que auxiliará na criação de recursos digitais. Interessante lembrar o problema ou pergunta que buscaremos responder nessa pesquisa, conforme apresentado no capítulo 1. **De que forma a Teoria da Carga Cognitiva e as perspectivas da visualização contribuem na elaboração de um recurso digital gerado com Realidade Virtual e Aumentada imersiva para o processo de ensino-aprendizagem de momento angular?**

Os desafios são grandiosos por não termos encontrado nenhum relato de desenvolvedores de *softwares* educativos, em relação a esses referenciais teóricos e nem a outro de forma explícita e fundamentada. Na verdade, o capítulo 2 trouxe à luz das discussões essas lacunas. Nos coube a tarefa de ofertar essas perspectivas e quem sabe, auxiliar outros pesquisadores. Possivelmente este capítulo atenderá mais amplamente aos desenvolvedores de recursos digitais, assim como este que aqui vos escreve, mas com boas reflexões e informações para os que já atuam no campo educacional e conhecem a Teoria da Carga Cognitiva e seus princípios.

Segundo Sweller (2003), a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) é por definição, um conjunto universal de princípios que podem auxiliar a resultar em um material didático promissor e que tem por finalidade

promover uma melhor utilização da capacidade de processamento da cognição humana. Segundo Begosso (2005), o modelo geral de desempenho cognitivo humano é dado por Reason e Maddox (2003, p. 03).

O ambiente de aprendizagem citado por Sweller é extensivo a todo tipo de material didático instrucional, indo do livro aos mapas, globos terrestres e todos aparatos que são utilizados há décadas, bem antes do advento das TDIC. Esta observação é oportuna e validada pelo fato da TCC ter sido criada nos anos 80 enquanto as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e o uso de recursos digitais, como conhecemos atualmente, ganhou força no final dos anos 90. Além do que já foi dito, essa teoria enfatiza a existência na estrutura cognitiva humana de um canal duplo de processamento informacional (verbal e não verbal). Este fato deve ser considerado e o material didático contemplado com o mesmo. Feita essa abertura, vamos às considerações e contextualizações que nos ajudarão no entendimento da TCC.

De acordo com Santos (2009), a Teoria da Carga Cognitiva, como já afirmado, criada pelo psicólogo australiano John Sweller em 1988, foi inspirada por artigos escritos por outro psicólogo, porém americano, George Miller em 1956, sendo este considerado um dos criadores da Ciência Cognitiva Moderna. Santos (2009) destaca que em seus artigos, Miller relata que o sistema cognitivo humano, utilizando-se de um dos seus componentes conhecido como memória de trabalho ou de curto prazo, consegue processar um número limitado de informações novas, que varia entre 5 ou 9 elementos por vez. Esses elementos foram chamados por Miller de “pedaços”, sem se importar com o tipo de informação ou conteúdo. Era essa a visão predominante nos artigos de George Miller no final da década de 50, mais especificamente em 1956.

Pesquisas realizadas posteriormente revelaram que a capacidade de processamento da memória de curto prazo, dos tais “pedaços” utilizados, oscilava de acordo com o conteúdo que o compõem. Sendo este um conteúdo do tipo dígito ou informação numérica, a capacidade de processamento gira em torno de aproximadamente 7 (sete) elementos. Sendo letras este valor cai para 6 (seis) elementos, sendo palavras o valor diminui para 5 (cinco) elementos. Essas informações fazem parte do que se conhece originariamente como Lei de Miller, que preconiza como 7 (sete) mais ou menos 2 (dois), a capacidade de processamento de informações de uma única vez que possuímos. Assim sendo, a cognição humana processa no máximo 9 (nove) “pedaços” ou conteúdos informacionais por vez ($7 + 2$), ficando o menor índice estabelecido como 5 (cinco) “pedaços” ou conteúdos informacionais por vez ($7 - 2$), sendo

que estes podem ser uma única letra, uma única palavra, sílaba ou dígito numérico. Pela Lei de Miller, sempre que se excede o referido patamar, ocorre uma sobrecarga na estrutura cognitiva. Eis aqui um dos maiores desafios para psicólogos, educadores e todos que atuam ou estudam a aprendizagem humana, que é ensinar com estratégias que gerenciem a carga cognitiva de forma eficiente, sem comprometer o entendimento e o aprendizado do conteúdo em estudo. É desafiador, mas ainda faltam outras abordagens cruciais antes da apresentação dos pormenores que constituem a tão indesejada sobrecarga cognitiva e outros contextos que dificultam a aprendizagem. Esses pressupostos (leia-se, Lei de Miller, capacidade da memória de trabalho e a arquitetura cognitiva humana) foram objetos de estudos por quase três décadas, de acordo com Santos (2009), e foram os mesmos que originaram um conjunto de princípios conhecido como Teoria da Carga Cognitiva (TCC).

Sweller et. al (2011), *Cognitive load theory*, seu mais recente livro, reforça o que já tinha posto em discussão nas suas obras anteriores em relação à aprendizagem, que ocorre satisfatoriamente quando o processamento da informação se alinha aos processos cognitivos humanos. Isso significa dizer que o volume de informações submetidas aos aprendizes precisa ser compatível com a capacidade de compreensão dos mesmos. Não é o único fator impeditivo, mas sem dúvidas é condicional para ser bem-sucedido na elaboração e manuseio de *softwares* educativos, já que a exposição informacional em demasia levará o aprendiz à sobrecarga (MAYER, 2001 apud SANTOS, 2009, p.33).

É imperativo diagnosticar os níveis de conhecimento do aprendiz, rapidamente e, em tempo real, tornando-se fundamental para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem dinâmicos e adaptados ao usuário em geral (SWELLER et. al, 2011). Certamente que esta perspectiva de desenvolvimento de ambientes de aprendizagem interessa bastante a essa pesquisa e este ponto será retomado mais adiante. Vejamos algumas peculiaridades ou princípios que fazem parte do que se chama Teoria da Carga Cognitiva (TCC).

3.1 A estrutura cognitiva humana

O entendimento do que vem a ser a estrutura cognitiva humana está ligado aos conceitos e pesquisas que envolvem os sistemas que a compõem. Os psicólogos apontam para a existência de três sistemas de memória, responsáveis pelo tratamento da informação, armazenamento e o aprendizado relativo ao que nos foi apresentado pelos nossos sentidos

sensoriais (visão, audição, tato, paladar e olfato). Assim sendo, acabo de citar a memória sensorial, e além dela temos a de curta duração que foi falada rapidamente na abertura deste capítulo e o sistema de memória conhecido como longa duração. Entender a importância e a funcionalidade de cada um desses três sistemas de memória é algo primordial para os desenvolvedores de recursos digitais tecnológicos, bem como para todos os professores e demais profissionais que atuam diretamente ou indiretamente com ensino-aprendizagem e a cognição humana. Aqui está um ponto que destacamos no capítulo 1, objetivo geral desta nossa pesquisa (item 1.3). Buscaremos contribuir com as inovações nos processos de ensino-aprendizagem de Física. Essa nossa contribuição se dará por intermédio do objeto de visualização, RVA_360, que por sua vez será produzido com a utilização da Teoria da Carga Cognitiva. Como já foi dito, essa teoria se alinha aos processos cognitivos humanos e, conseqüentemente, este ponto do capítulo 3 é de extrema importância para a criação, entendimento dos leitores, e a utilização da ferramenta que emergirá deste trabalho. Vejamos cada um desses sistemas que compõe a cognição humana, de forma objetiva e focada.

- memória sensorial: como foi dito acima, tem como função conectar o ser humano com as percepções oriundas do meio que o circunda, provocando reações e memórias extremamente rápidas com duração sempre inferior a um segundo. O que ficará retido ou registrado dessas reações sensoriais são tarefas ou funções dos outros dois sistemas de memória;

- memória de trabalho ou de curta duração: é considerada como a parte central dos processos ativos do cérebro humano, mesmo tendo uma capacidade muito reduzida de armazenamento para informações novas. As informações capturadas pela memória sensorial ou recuperadas da memória de longa duração são todas processadas pela memória de trabalho ou de curta duração e por essa razão é o centro dos processos cerebrais e o fato de ter curta duração não diminui a sua importância para a estrutura cognitiva humana;

- memória de longa duração: é o sistema que possui maior capacidade de armazenamento, sendo considerado como um banco de dados dos conhecimentos adquiridos.

A estrutura cognitiva humana é organizada pelos três sistemas de memória que atuam em conjunto. As atividades relacionadas à aprendizagem e ao trabalho utilizam os sistemas de curta e longa duração (BADDELEY, 1985, p. 490, apud COLOM e MENDOZA, 2001, p. 40). A arquitetura cognitiva humana representa o modo como as nossas estruturas cognitivas estão organizadas. Os mais modernos referenciais

ou tratados sobre a arquitetura cognitiva humana, citam a memória sensorial, a memória de trabalho e a memória de longo prazo (STERNBERG, 2017, p.165). A relação entre a memória de trabalho e a memória de longo prazo, na conjunção com os processos cognitivos que apoiam a aprendizagem, são fundamentais para a argumentação dos que se dedicam aos estudos sobre a estrutura cognitiva humana.

De acordo com Kirschener et al (2006) a compreensão do papel da memória de longo prazo na cognição humana alterou-se dramaticamente nas últimas décadas. Já não é visto como um repositório passivo discreto ou fragmentos isolados de informações que nos permitem repetir o que aprendemos. Nem é visto apenas como um componente da arquitetura cognitiva humana que tem apenas influência periférica nos processos cognitivos complexos, como pensar e solucionar problemas. Em vez disso, a memória de longo prazo agora é vista como a estrutura central e dominante da cognição humana. Tudo que vemos, ouvimos e pensamos sobre isso é criticamente dependente e influenciado pela memória de longo prazo.

Ainda segundo Kirschener et. al (2006), uma grande contribuição atribuída ao psicólogo e enxadrista holandês Adriaan De Groot, envolvendo estudos observacionais de jogadores experientes de xadrez, que olhavam a disposição das peças num tabuleiro por alguns segundos e conseguiam reproduzi-las quase que fielmente. A mesma experiência feita com jogadores novatos ou que não estavam no nível dos mestres enxadristas provaram que estes não tinham a mesma destreza de repetir as configurações das peças no tabuleiro com o mesmo índice de acertos dos experientes. Este trabalho de Groot foi reproduzido pelos pesquisadores Chase e Simon (1973) e estes conseguiram demonstrar que o desempenho dos jogadores experientes não tinha relação com a memória de trabalho. Chegaram aos resultados de Groot usando configurações de jogos reais, mas ao configurarem os tabuleiros com jogadas aleatórias e desconhecidas dos dois grupos (mestres e novatos), não se observou diferenças nos desempenhos dos envolvidos. É razoável inferir que o baixo desempenho dos mestres enxadristas na recuperação das memórias das configurações aleatórias, ocorreu devido à falta de esquemas de jogos reais na memória de longo prazo. Os resultados indicam a existência de diversas jogadas aprendidas ao longo dos anos pelos mestres, no formato de esquemas na memória de longo prazo e isso justificou os diferentes desempenhos dos dois grupos de jogadores de xadrez, com jogadas oriundas de jogos reais e outras geradas aleatoriamente e em tempo real.

Esses resultados sugerem que solucionadores de problemas experientes derivam suas habilidades desenhando na extensa experiência armazenada em sua memória de longo prazo e depois seleciona rapidamente e aplica os melhores procedimentos para a solução do problema. Essas diferenças podem ser usadas para explicar plenamente a habilidade de resolução com ênfase no uso da memória de longo prazo para a cognição. Quando demonstramos maiores habilidades em uma determinada área, significa dizer que temos mais informações dessa área presente na memória do longo prazo. Quaisquer situações que dependam desses conhecimentos terão melhores respostas e ajudarão ainda mais na manutenção e no aumento dos esquemas (termo utilizado por Sweller para coleções de informações repassadas pela memória de trabalho e que foram aprendidas e armazenadas na memória de longo prazo) e, conseqüentemente, na ocorrência da aprendizagem. Este processo ocorre de diversos modos, sendo que as animações e estímulos visuais são os que mais colaboram para a produção de esquemas, segundo a neurociência e seus representantes que atuam com foco de pesquisa no campo educacional. O que contribui é o fato do nosso cérebro ter uma quantidade muito grande de células neuronais que atuam no campo dos estímulos visuais. Essa possibilidade de utilização do sentido de percepção visual, pode e deve ser explorada durante a criação de objetos de visualização com Realidade Virtual e Aumentada (RVA). Essas características são exploradas na ferramenta gerada nessa pesquisa. Os detalhes, e os aspectos da interatividade com estímulos visuais, serão retomados no capítulo 6. Nem sempre os estímulos visuais produzirão emoções que auxiliarão no processo cognitivo, mas certamente os recursos digitais devem atuar com essas perspectivas dos estímulos visuais, das emoções e, principalmente, com atenção aos princípios que preconizam a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e que nortearam a produção do objeto de visualização desta pesquisa.

É comum ouvirmos em palestras que envolvem funções cognitivas humanas, que a inteligência é a habilidade que um indivíduo possui para resolver problemas. Essa afirmação é aceita pelos neurocientistas e demais especialistas que estudam o cérebro humano. O que a maioria não aborda quando dizem essa frase é o fato da função direta da memória de longo prazo no fornecimento de justificativas para um conjunto de instruções e, conseqüentemente, a manutenção das habilidades nas resoluções de problemas. Os objetivos de todas as instruções consistem em alterar a memória de longo prazo. Se nada for alterado, nada será aprendido.

Em relação à memória de curto prazo, também conhecida como memória de trabalho ou memória provisória, é conveniente reforçar que é a estrutura cognitiva que nos permite ter consciência do que está sendo processado em tempo de execução. Certamente, deste fato origina a observação de ser difícil dar atenção a mais de um evento por vez. O cérebro sempre selecionará o que terá atenção em primeiro plano, por mais que se queira fazer várias coisas ao mesmo tempo. A quantidade de informação dita por George Miller como sendo (7 ± 2) ou (4 ± 1) de acordo com (COWAN, 2001, p. 87, apud KIRSCHNER et al, 2006, p. 77), onde entende-se como uma capacidade de processamento no máximo de 9 “pedaços” que pode ser uma letra, uma palavra ou um dígito, como dito no início deste capítulo e sendo adotado pela maioria dos pesquisadores e inclusive por Sweller.

As informações são armazenadas na memória de trabalho numa fração de tempo de no máximo 30 segundos. Por mais que a informação seja ensaiada, estudada ou trabalhada, o tempo será limitado. Quando há retenção ou recuperação de uma informação, a mesma será transferida para a memória de longo prazo. Quando se trata de uma informação nova, o que entra em ação é a memória de trabalho, que por ser essencial e limitada, necessitamos de estratégias como estímulos visuais e não visuais combinados entre si simultaneamente. Importante observar que a combinação não deve levar em consideração às informações redundantes, como foi dito, para que ocorra a tão desejada transferência para a memória de longo prazo. Então, a mesma cuidará dos esquemas que são informações coletadas e mapeadas sobre um conjunto de dados, independentemente do formato, podendo ser inclusive coletado de um único elemento. Os esquemas são fundamentais para liberação da memória de trabalho. É importante destacar mais uma vez, pois já foi citado no capítulo 1, item 1.3, que o termo “esquema” aparece na literatura piagetiana, foi citado em (1928 e 1952) e se tornou um elemento central da Teoria Carga Cognitiva (SOUZA, 2010).

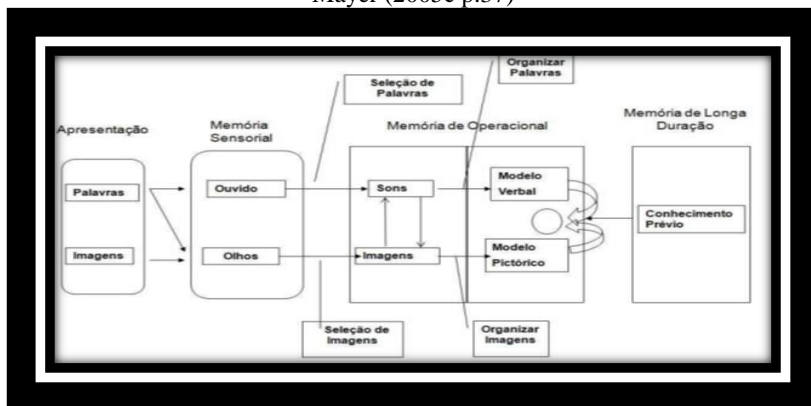
Quando esses estímulos visuais e não visuais, oriundos dos conjuntos de dados, extrapolam a capacidade da memória de trabalho, acontece a indesejável sobrecarga cognitiva, que será abordada em seguida.

3.2 As Cargas Cognitivas e suas características

A utilização de recursos digitais como forma integrante dos processos ensino-aprendizagem, bem como o uso de materiais didáticos tradicionais, requer uma atenção considerável dos educadores e dos

profissionais responsáveis pela concepção das ferramentas integralizadoras dos conteúdos em estudo. Como foi dito nos itens anteriores, o aprendizado passa necessariamente pela memória sensorial, mas a etapa de elaboração de esquemas ou recuperação de informações preexistentes na memória de longo prazo, só acontecerá com a efetivação da memória de trabalho ou de curto prazo. Por sua vez, esse importante sistema da arquitetura cognitiva ativará componentes, que atuam separadamente, de acordo com o tipo de informação. Um componente é dedicado ao tratamento de informações sonoras e o outro componente trabalha exclusivamente com informações visuais. É importante levar em consideração a Lei de Miller que foi apresentada no início deste capítulo, atentando para os limites da cognição humana. Normalmente, as instruções informacionais chegam aos aprendizes como imagens e textos. Sendo utilizados recursos digitais, chegarão possivelmente nos formatos audíveis e/ou visuais. É preciso tomar uma série de medidas para não provocar uma sobrecarga cognitiva e este é um dos principais motivos para se conhecer os diferentes tipos de cargas cognitivas, bem como o que pode ser feito para evitar o excesso de informação ou sobrecarga das mesmas, como é tratado e apresentado pela TCC. Os referidos componentes para informações auditivas e/ou visuais possuem uma capacidade de processamento bem limitada, mas ao serem utilizados em conjunto e em condições e circunstâncias específicas, podem potencializar a capacidade do processamento da memória de trabalho (MERRIENBOER e SWELLER, 2005).

Figura 29 - Modelo de processamento de informação baseado em Mayer (2005c p.37)



As cargas cognitivas em suas duas possíveis formas contemporâneas (carga intrínseca relevante e a carga estranha ou irrelevante), quando somadas, resultam no que é conhecido como carga cognitiva global (PAAS et al, 1993; CLAK, 2006, p.75, apud SANTOS, 2009, p. 36). Como já foi dito acima, o entendimento dos diferentes tipos de cargas propicia uma oferta mais qualificada de recursos digitais e materiais didáticos como um todo. Abaixo uma cuidadosa contextualização histórica sobre as mesmas. As referências anteriores ao livro de Sweller et al (2011) fazem alusão a duas cargas cognitivas, pois, a carga relevante era analisada separadamente da intrínseca e foram unificadas como carga intrínseca neste livro intitulado “*Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies*”. Como um dos objetivos deste capítulo é o de apresentar a Teoria da Carga Cognitiva, optou-se por registrar os avanços da mesma.

3.2.1 Carga Cognitiva Intrínseca

Essa carga refere-se ao conteúdo e o esforço mental empregado no entendimento do mesmo. É totalmente peculiar ao que está em estudo e deste modo as informações não podem ser omitidas por fazerem parte do contexto, mas podem e devem ser trabalhadas para se evitar uma sobrecarga. O criador da Teoria da Carga Cognitiva (TCC), John Sweller faz uma diferenciação entre as dificuldades impostas pela compreensão do conteúdo, o que chamou como intrínseco e as dificuldades criadas pelo material ou formato utilizado para apresentar o mesmo, neste caso, a denominação utilizada foi carga estranha (SOUZA, 2010).

Segundo Souza (2010), Sweller utilizou de evidências experimentais para conceituar o que denominou como carga cognitiva intrínseca. São várias obras de autores distintos em parceria com Sweller, na maioria das vezes, que se dedicaram à elucidação das cargas cognitivas. Eis algumas delas relatadas diretamente pelo autor, reproduzidas por Souza (2010, p.59), conferidas nos originais durante a elaboração deste capítulo. Optou-se pela citação direta, visando manter preservada a publicação original, apesar da interferência no momento da tradução.

[...] no início da década de 90, nós verificamos que alguns efeitos, tais como o da atenção dividida, redundância e o efeito da modalidade não poderiam ser obtidos com alguns materiais. Nós precisávamos de uma explicação. Descobrimos que os efeitos invariavelmente falhavam quando a

natureza do material era tal que poderia ser processado na memória de trabalho um ou dois elementos de cada vez (SWELLER; CHANDLER, 1994, p. 193).

[...] A razão pela qual os efeitos pedagógicos puderam ser obtidos usando-se os materiais com elementos de alta e não baixa interatividade era porque se o material incluísse muitos elementos interativos, ele imporia uma alta carga cognitiva intrínseca – Intrínseca porque não era determinada pelo que o professor fazia, mas sim pela natureza do conteúdo. Se uma carga cognitiva estranha devida às atividades do instrutor fosse adicionada a uma alta carga cognitiva intrínseca, devido à alta interatividade dos elementos do material, nós obtínhamos os vários efeitos. Se uma carga cognitiva intrínseca fosse baixa devida a uma baixa interatividade dos elementos, não fazia diferença o que o instrutor fizesse, porque a memória de trabalho não se sobrecarregava. Em outras palavras, com uma baixa carga cognitiva intrínseca, a carga cognitiva estranha não importava. Nós chamamos esse efeito de “efeito da interatividade do elemento” (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p.321).

Um outro importante pesquisador com diversos artigos versando sobre a Teoria da Carga Cognitiva, JIG Van Merriënboer da Universidade Aberta da Holanda, na época se restringia aos grupos de pesquisa australianos, tem feito diversas revisões sobre os seus avanços e, principalmente, sobre a mudança conceitual da carga cognitiva intrínseca. Num artigo de 1998, escreveu que a TCC assume que a memória de trabalho é limitada e armazena cerca de sete elementos, mas que opera somente em dois ou quatro elementos. É capaz de lidar com informações por mais de alguns segundos, limitando-se à perda da mesma após vinte segundos, mas que essas limitações se referem a novas informações obtidas através da memória de trabalho, estando fora dessa limitação as informações recuperadas da memória de longo prazo. Com isso, a memória de longo prazo ou duração altera as características da memória de trabalho, e mantém os esquemas cognitivos que se alteram em seu grau de complexidade e automação. Segundo Merriënboer e Sweller (2005), a experiência humana vem do conhecimento armazenado nestes esquemas e não na capacidade de envolver-se em raciocínio com muitos elementos que não foram organizados na memória de longo prazo. Os autores

reforçam a incapacidade da memória de trabalho em processar muitos elementos simultaneamente.

Desde modo, a experiência desenvolve-se à medida que os aprendizes combinam ideias complexas de forma inteligente e simples. É a mesma percepção dita sobre o desempenho dos jogadores de xadrez, onde os mais experientes conseguem reproduzir jogadas previamente apreendidas e armazenadas na memória de longo prazo. Em ambos os casos o que está sendo levado em consideração é a aquisição do conhecimento e o envio para a memória de trabalho, que neste caso não é vista como sendo limitada, já que o que está sendo contextualizado é a informação internalizada e apreendida anteriormente e os esquemas criados para armazená-la e facilitar o posterior acesso. Em relação aos esquemas, vários artigos de John Sweller destacam que os mesmos podem ser automatizados a partir da repetição ou exercício contínuo, mas a tarefa não é nada trivial e só surge com treinamentos dedicados e ações complexas como sequências de movimentos de peças de xadrez, manuseios de *softwares* e etc. Acredita-se que a tarefa de criação de esquemas estará bem mais favorecida com o uso dos recursos digitais propostos e por aqui gerados. Estes fatos são interessantes, pois deixam a memória de trabalho livre e preparada para novos ciclos de processamento e transferência para a memória de longo prazo, que se encarregará da criação de novos esquemas, desde que o aprendizado tenha ocorrido.

Até o ano de 2002 a carga intrínseca era considerada imutável, mas os ajustes oriundos de novos experimentos derrubaram esta peculiaridade da mesma. Esta questão que envolvia a imutabilidade da carga cognitiva intrínseca recebeu bastante atenção, pois mesmo diminuindo a carga estranha (aquela proveniente do modo como o instrutor trabalha o conteúdo), a carga cognitiva intrínseca não poderia se manter elevada e acima da capacidade da memória de trabalho, já que isso inviabilizaria a aprendizagem. Novamente recorre-se a uma citação direta de Sweller, onde em conjunto com Clark e Nguyen, publicaram o seguinte (SOUZA, 2010 p.60):

[...] naquele tempo, nós conjecturamos que a carga cognitiva intrínseca era imutável. Não poderia ser modificada porque era “intrínseca” ao material (conteúdo). Somente a carga cognitiva estranha, decorrente da elaboração da instrução/ensino podia ser modificada. Com Pollock, Chandler e Sweller (2002) percebemos que tinha de haver meios de reduzir a carga

cognitiva intrínseca; senão um material complexo nunca poderia ser aprendido. Tivemos que modificar a teoria para dizer que se reduz a carga cognitiva intrínseca, mas não se pode manter simultaneamente a completa compreensão. Pode-se eliminar e reduzir alguns elementos que interagem para permitir que a memória de trabalho possa lidar com o material. Por exemplo, em um aplicativo de computador, você pode omitir explicações e somente dizer aos aprendizes que passos seguir. Esses passos podem ser facilmente processados na memória de trabalho. Neste ponto, a compreensão não ocorrerá, mas, uma vez que o material reduzido tenha sido aprendido, ele pode ser remontado em conjunto com a informação omitida para resultar na compreensão. Neste sentido, a carga cognitiva intrínseca estará de certo modo sobre o controle do professor. A aprendizagem poderá ser facilitada pela redução do número de elementos interativos e somente reintroduzida mais tarde quando os elementos essenciais tiverem sido aprendidos (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p.320)

Segundo Merrienboer (2005), de 1988 até 1998 os esforços e estudos envolvendo a TCC se concentravam exclusivamente em como diminuir a carga cognitiva estranha. O Quadro 9 apresenta alguns desses dados.

Quadro 9 - Alguns efeitos estudados pela Teoria da Carga Cognitiva e os motivos da redução da carga cognitiva estranha (continua)

Efeitos	Descrições	Carga Estranha
Dividir o efeito da atenção	Substitua as múltiplas fontes de informação (frequentemente fotos e acompanhamento textual) por uma única fonte integrada de informação.	Reduz-se a carga cognitiva estranha, pois não há necessidade de integrar mentalmente as fontes de informação.

Quadro 9 - Alguns efeitos estudados pela Teoria da Carga Cognitiva e os motivos da redução da carga cognitiva estranha (continua)

Efeito do exemplo trabalhado	Substitua os problemas convencionais por exemplos trabalhados que devem ser cuidadosamente estudados.	Reduz a carga cognitiva estranha causada pelo método fraco de soluções de problemas; foco na atenção do aprendiz sobre o estado do problema e os passos úteis para solucioná-lo.
Efeito da conclusão de problema	Substitua os problemas convencionais com problemas de conclusão, fornecendo uma solução parcial que deve ser concluída pelos aprendizes.	Reduz-se a carga cognitiva estranha, porque dando parte da solução o tamanho do problema fica reduzido; o foco da atenção se volta para os estados problemáticos e os passos úteis da solução.
Dividir o efeito da atenção	Substitua as múltiplas fontes de informação (frequentemente fotos e acompanhamento textual) por uma única fonte integrada de informação.	Reduz-se a carga cognitiva estranha, pois não há necessidade de integrar mentalmente as fontes de informação.
Efeito da modalidade	Substitua uma explicação por um texto escrito e outra fonte de informações visuais, como um diagrama (unimodal) com um texto explicativo “falado” em forma de áudio e uma fonte visual de informação (multimodal).	Reduz-se a carga cognitiva estranha, porque a apresentação multimodal utiliza os processadores visual e auditivo da memória de trabalho simultaneamente.

Quadro 9 - Alguns efeitos estudados pela Teoria da Carga Cognitiva e os motivos da redução da carga cognitiva estranha (conclusão)

Efeito sem objetivo	Substitua os problemas convencionais por problemas sem objetivos aparentes, mas que forneça ao aprendiz um objetivo específico.	Reduz a carga cognitiva estranha, causada por relacionar um problema atual com um objetivo, tentando diminuir as diferenças entre eles. Este ato concentra a atenção do aprendiz nas problemáticas levantadas e nos operadores disponíveis.
---------------------	---	---

Fonte: Adaptado de MERRIENBOER (2005, p. 151)

3.2.2 Carga Cognitiva Relevante e a fusão com a Carga Cognitiva Intrínseca

Antes de mais nada, vale destacar que a carga cognitiva intrínseca e a relevante, antes eram tratadas separadamente, mas foram unificadas como carga intrínseca por Sweller et al (2011). O que se apresenta abaixo são os pormenores do surgimento da mesma, até o tratamento conjunto ou unificado das referidas cargas.

Essa foi a última carga descoberta pelos pesquisadores que auxiliaram Sweller na formatação e avanço da TCC. É oportuno recordar que já foram abordadas duas cargas neste capítulo, no item anterior 3.2.1 carga intrínseca que se refere às dificuldades inerentes ao conteúdo em estudo e a carga estranha com os principais pontos apresentados no Quadro 9, que remete ao modo como o conteúdo em estudo é apresentado ao aprendiz. Neste caso, diz-se que a carga estranha é aquela que pode ser “provocada” pelo instrutor ou objeto de visualização utilizado (um livro, um recurso digital ou até mesmo uma aula expositiva).

Em 1998, dez anos após a apresentação da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) ao mundo científico/acadêmico, eis que surge a descoberta de uma terceira carga, denominada como carga cognitiva relevante, episódio superado com a unificação de 2011 da mesma com a carga intrínseca, mas que vale a pena contextualizar por serem conceitos

que perduraram por mais de uma década, assim como a conceituação inicial que não se modificou nos seus primeiros dez anos (1988 até 1998).

Segundo Souza (2010), os pesquisadores Paas, Merrienboer e Sweller, analisaram os resultados de um experimento que chamaram de “Efeito da Variabilidade”, que consistia na distinção entre a carga estranha e a nova carga em estudo que denominaram como carga relevante. Essa descoberta deu-se a partir das análises dos efeitos positivos na aprendizagem de alunos expostos a problemas com variabilidade de contextos. Em vez de aumentar o esforço mental e reproduzir o que a TCC já preconizava, causando prejuízos para a aprendizagem, o que se notou foi uma melhoria na aprendizagem. Este evento que originou a carga relevante foi relatado por Sweller do seguinte modo:

[...] até o início da década de 90, a Teoria da Carga Cognitiva era exclusivamente estudada na *University of New South Wales*, em Sydney – Austrália. Embora fôssemos um grupo relativamente grande, éramos o único grupo que tinha TCC como objeto de pesquisa. Essa situação começou a se alterar quando Jeroen J. G. Van Merrienboer e seu então aluno, Fred Paas, trabalhando na *Twente University* Holanda, começaram a usar a teoria. Paas e Merrienboer (1994), descobriram que se eles dessem aos alunos exemplos resolvidos que diferiam consideravelmente em variabilidade, a carga cognitiva aumentava, se comparada com exemplos resolvidos que fossem todos muito similares. Contudo, apesar do aumento da carga cognitiva, os exemplos resolvidos com alta variabilidade entre si resultaram em uma melhor aprendizagem do que os exemplos com baixa variabilidade, resultando no efeito que deu o nome ao experimento. Claramente essa era um tipo de carga cognitiva diferente das mais comumente estudadas e conhecidas até aquele momento. A carga foi rotulada como relevante, pois era fundamental para a aquisição e automação a partir do efeito da variabilidade (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p. 223)

Os pesquisadores holandeses encontraram resultados relevantes ao analisarem os dois grupos de alunos, sendo um grupo com exemplos resolvidos e o outro grupo com problemas para serem resolvidos por eles. Em ambos os casos utilizaram alta ou baixa variabilidade. As diferenças

nos grupos ficaram por conta dos exemplos resolvidos em um dos grupos e foi exatamente o que obteve melhores resultados (SOUZA, 2010).

Uma inferência interessante que merece destaque, reside no fato da carga relevante poder ser provocada por um simples ato de autoexplicação. Instruir os aprendizes na prática de explicar os exercícios resolvidos, exemplos e a parte conceitual para si e em voz alta, gera estímulos que conduzem a produção de esquemas de automação benéficos à aprendizagem. Esta experiência foi feita por um grupo de pesquisadores da *University of Pittsburgh*, em 1989. O grupo liderado por Michelene Chi realizou diversas medições sobre o modo como os alunos reagem a partir de exemplos resolvidos retirados de livros didáticos de física. Propositamente, ou não, os livros de física omitem todos os passos dados em um exemplo resolvido. Explicar o que foi feito para chegar à resposta é uma tarefa do aluno, com mediação do professor caso o mesmo intua que o procedimento requer, mas sempre o esforço mental maior precisa ser do aprendiz. Com essas observações iniciais, Chi e os demais pesquisadores do grupo, pediram aos alunos que fossem lendo, inferindo, mas sempre em voz alta. Essa experiência se repetiu com um determinado grupo e puderam verificar que os alunos que leram os exercícios em voz alta, tiveram uma autoexplicação dos exemplos resolvidos, tornaram-se mais hábeis nas resoluções das listas de exercícios e com um entendimento bem acima dos que não passaram pela experiência, ou que resolveram continuar na postura da leitura silenciosa. Ao realizarem os pós-testes, as notas dos alunos que se utilizam da autoexplicação foram duas vezes maiores que as dos alunos que não participaram da experiência.

A técnica da autoexplicação não foi criada com as prerrogativas da Teoria da Carga Cognitiva, pois o advento acima ocorreu em 1989, porém mais adiante foi incorporada à TCC e reconhecida como uma das possibilidades de potencialização da carga cognitiva relevante. O próprio John Sweller, ao dissertar sobre a prática de utilização de exemplos parcialmente resolvidos, disse que poderiam cair na situação do aprendiz não observar os passos e implicações de forma contextualizada e propiciar a criação de esquemas, que na verdade são os fatores desejáveis por serem a aprendizagem propriamente dita. Ele acredita que estes processos de exemplos parcialmente resolvidos sejam superficiais, mas entende como sendo uma boa prática a utilização da autoexplicação e que deve ser adotada para melhorar a compreensão de exemplos resolvidos e deste modo atuar como meio gerador de carga cognitiva relevante (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p. 226).

Devemos encontrar meios para a diminuição da carga estranha, que é aquela que surge a partir do modo como o instrutor ou o material utilizado apresenta um determinado conteúdo. É importante para que se possa fazer uso das cargas relevante e intrínseca, sem que ocorra a indesejável sobrecarga cognitiva. Convém lembrar o caráter mutável da carga intrínseca. A mesma pode ser diminuída a partir do sequenciamento das instruções ou até mesmo na omissão de passos, desde que estes fatos não comprometam o entendimento no ponto de explanação do momento. Outro ponto importante é não se esquecer da inclusão do que foi omitido, mais adiante, quando o aprendiz estiver mais preparado e com elementos que auxiliem na compreensão do que foi omitido.

O que não convém é excluir o que notoriamente faz parte da carga intrínseca por se tratar do próprio conteúdo, como foi argumentado diversas vezes neste capítulo.

3.3 A Carga Cognitiva e os recursos digitais

É de se esperar que essa pesquisa traga importantes contribuições quanto ao bom uso das cargas cognitivas, com as instruções mediadas pela Realidade Virtual e Aumentada imersiva, já que este é o foco central dos estudos aqui apresentados. Por analogia, é como se a Teoria da Carga Cognitiva estivesse para o desenvolvimento do ambiente computacional focado na R.V.A imersiva, assim como os faróis de um carro estão para o seu motorista. A estrada que se deseja iluminar é a que conduz a melhorias consideráveis nos processos de ensino-aprendizagem de ciências com ênfase no ensino de física. Os faróis são a TCC e seus princípios e os veículos disponíveis para os professores e seus alunos, são os recursos digitais aqui representados pela ferramenta RVA_360. Importante para que os objetivos sejam alcançados, tornando-se realidade, deve-se buscar unir todos os conhecimentos adquiridos sobre a Teoria da Carga Cognitiva com este capítulo e, então, manter procedimentos que visem regular e administrar a carga cognitiva humana.

O aprendiz com qualquer nível de conhecimento tácito ou adquirido instrucionalmente, é dotado de vários processos de armazenamento na memória, das informações que chegam até ele primordialmente pelos canais audiovisuais. Os sistemas de audição e o visual atuam separadamente e de forma independente (MOUSAVI; LOW; SWELLER, 1995). Essa independência auxilia no processamento da memória de trabalho, pois as informações ou “inputs” fornecidos

buscam explorar favoravelmente estes dois canais diminuindo a sobrecarga.

De acordo com as referências consultadas, tantos os que pesquisam diretamente os pilares da Teoria da Carga Cognitiva, assim como os psicólogos cognitivos e outros que buscam ressonâncias didáticas/pedagógicas para fundamentação das funcionalidades de recursos digitais criados ou em processo de criação (como é o caso desta pesquisa com Realidade Virtual e Aumentada), são unânimes em destacar a latente necessidade de se trabalhar na redução da carga cognitiva em busca de processos de ensino-aprendizagem com maior eficácia. Algumas sugestões foram pontuadas neste capítulo, como a redução da carga intrínseca a partir do sequenciamento do conteúdo e exposição gradativa de acordo com o avanço do entendimento do aprendiz, assim como a autoexplicação proposta por Chi e que consiste na narrativa dos passos e etapas executadas em exemplos resolvidos em voz alta, obtendo aumento na carga relevante e, conseqüentemente, uma condução mais exitosa para elaboração de esquemas [...]

Mas o que dizer ou esperar em matéria da implementação de tudo que foi dito na área de desenvolvimento de *softwares* ou objetos de aprendizagem/recursos digitais educacionais? Como tirar proveito das fontes de pesquisas aqui apresentadas e outras que não foram tratadas neste capítulo, mas que um ou outro leitor que se aprofundou nesta temática certamente encontrou? Não há uma resposta pronta que consiga sanar todas as dúvidas e muito menos se tornar a panaceia da elaboração de recursos digitais. Mas, certamente, que todos da área devem concordar que tudo passa pelo *design* instrucional, do exato momento da concepção da ferramenta até a hora dos primeiros testes com os usuários que, neste contexto, são os alunos de ciências e física de um modo geral e específico de acordo com os objetivos desta pesquisa. O assunto não se esgotou neste capítulo e, certamente, aparecerá no capítulo 4 que versa sobre visualização em ciências, bem como no capítulo 5 que traz a ferramenta RVA_360, seus recursos, manuseios e, principalmente, o seu processo de criação. Encerra-se mais um passo, que se espera que tenha justificado o que foi dito no capítulo 1, introdutório, bem como no capítulo 2, onde foram apresentados os principais grupos de pesquisa e desenvolvimento de recursos digitais educacionais, em escala mundial, que se utilizam da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de suas ferramentas computacionais.

4 A VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Este capítulo é dedicado à visualização, um dos pilares teóricos deste trabalho em conjunto com a Teoria da Carga Cognitiva (TCC), tema abordado no capítulo 3. A apresentação deste importante conceito se apoiará num consenso da comunidade educativa de que a visualização é uma ferramenta de ensino eficaz. Essa afirmação é corroborada por Vavra et al. (2011) e as demais fontes de consultas utilizadas para a compilação deste capítulo.

As aplicações atuais da visualização são encontradas em muitos contextos de ensino, incluindo matemática, leitura, ciência e tecnologia. Dentre as referências por aqui utilizadas, visando subsidiar o uso da mesma, serão pontuados aspectos importantes de uma pesquisa realizada por Teruya e Marson (2011), apresentada no VIII ENPEC⁴¹, onde disponibilizaram os dados coletados sobre a produção de uma década da utilização da visualização no ensino de Química.

Uma outra importante fonte é a dissertação de mestrado de Mantovani (2013), onde a autora centrou a sua pesquisa no olhar dos professores de um curso de formação continuada, sobre visualização e modelagem no ensino de Química. Finalmente, complementando o material de pesquisa que foi adotado não só na confecção deste capítulo, mas em todo trabalho, serão apresentadas as abordagens de Karen Vavra (2011), uma das principais pesquisadoras do tema, que em parceria com outros autores produziram livros e artigos citados pela maioria dos que se dedicam, direta ou indiretamente sobre o potencial da visualização no ensino. Há uma generalizada falta de clareza sobre o que constitui uma visualização de um modo preciso. Vários termos relacionados com a mesma são encontrados nas literaturas pesquisadas: a representação visual, mídia visual, letramento, habilidades de comunicação visual, ilustrações, ilustrações de mídia e outros.

Bishop (1989), uma das principais referências sobre o uso e a contextualização da visualização e suas aplicações no ensino, explica que a mesma pode se referir ao que se visualiza (o produto, objeto ou imagem visual) ou como visualizar (o processo, atividade ou habilidade). (BISHOP, 1989, p. 7 apud VAVRA et al. 2011, p. 22).

Importantes fontes como o dicionário Aurélio, provavelmente o mais utilizado da nossa língua, assim como o *Merriam-Webster On-line*,⁴² dicionário americano tão importante quanto a fonte para consulta de

⁴¹ VIII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

⁴² <https://www.merriam-webster.com/>

termos em português brasileiro e mesmo com as diferenças linguísticas, padrões culturais e outras variáveis, trazem definições bem próximas do que entendem por visualização:

- De acordo com o dicionário Aurélio⁴³, “Visualização é o ato ou efeito de visualizar, transformação de conceitos em imagens reais ou mentalmente visíveis”.

- Já o dicionário americano, Merriam-Webster On-line define a visualização como a “formação de imagens visuais mentais ou o ato ou processo de interpretar em termos visuais ou de colocar de forma visível”.

Interessante destacar que o dicionário americano ainda pontua as diferenças entre imagem substantivo (refere-se a uma imagem mental ou impressão de algo ou uma representação viva, gráfico ou descrição) e imagem verbo (para criar uma imagem de ou para formar uma imagem de ou para representação simbólica de algo).

Nos próximos itens discutiremos tanto a definição de visualização adotada neste capítulo bem como as principais referências supracitadas. Assume-se que estas referências são as mais relevantes para este trabalho até a presente data. Esta afirmativa ancora-se nos fatos das mesmas estarem de acordo com as propostas da nossa pesquisa. A ferramenta computacional gerada, além de ter sido concebida para o ensino de física, tem como prerrogativa a adoção da visualização no ensino de ciências. A primeira referência utilizada, Teruya e Marson (2011), demonstra o uso dessa abordagem na área da química em artigos e periódicos especializados por um período de uma década (2001 a 2010). A outra referência, Mantovani (2013), analisa a utilização da visualização por professores de química, durante um curso de pós-graduação voltado para o ensino-aprendizagem com o uso do que preconiza este referencial, que também adotamos na criação da ferramenta RVA_360 – Momento Angular e este fato será contemplado no capítulo 6. Finalmente, analisamos e adotamos Vavra et al. (2011) como referência neste capítulo e na pesquisa como um todo, por ser uma das mais citadas nessa área da visualização no ensino de ciências. Vavra et al. (2011) inclusive utilizam definições de Objetos de Visualização que nos auxiliarão na apresentação dos recursos da RVA_360. Tais definições fundamentarão também a parte do manuseio didático/pedagógico do recurso digital em processo de criação durante essa pesquisa. Após essas considerações, acreditamos que os motivos que nos conduziram a adoção dessas referências estejam bem justificados. Vamos as análises detalhadas destas fontes.

⁴³ <https://www.dicio.com.br/visualizacao/>

4.1 A Visualização na pesquisa literária

Numa pesquisa realizada por Teruya e Marson em 2011, apresentada no VIII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), organizado pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp e demais entidades parceiras, foram analisadas diversas bases de dados e catalogados 171 artigos e 14 periódicos focados no tema visualização. Adotaram critérios como a natureza do artigo, foco em conceitos químicos, por ser a área de interesse dos pesquisadores, analisaram também o suporte didático adotado e as condições de condução da pesquisa. Uma importante inferência desse trabalho foi a constatação de que os resultados do emprego da visualização foram convergentes para o uso de materiais didáticos interativos, apontando para estudos de processos individuais de aprendizagem, tanto de alunos do ensino médio quanto dos que cursam ensino superior.

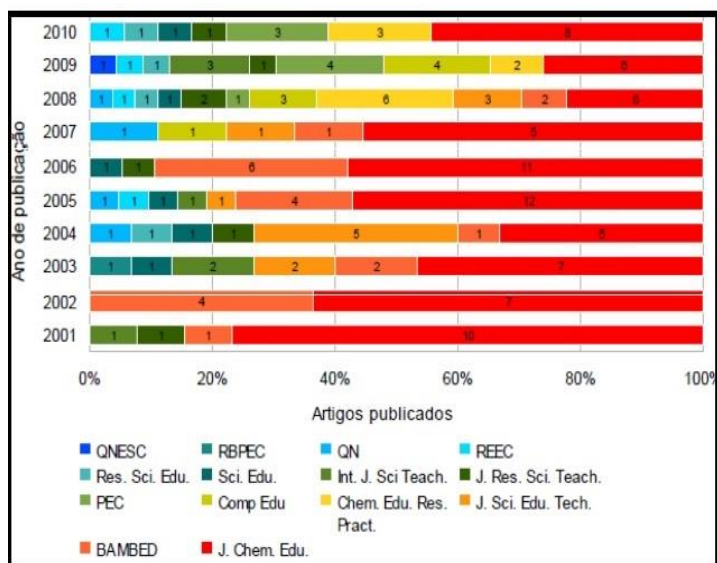
Abre-se uma ressalva para destacar que este aspecto é interessante para a pesquisa aqui apresentada, já que o foco é evidenciar o potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de objetos de visualização para o ensino de ciências com ênfase na aprendizagem em física, tendo em mente os aprendizes dos anos finais da educação básica em diante, pois o que algumas escolas abordam sobre física no ensino fundamental são conceitos extremamente introdutórios. Normalmente, os livros didáticos adotados abordam os conteúdos de física no último ano do ensino fundamental (9^o ano) e no último bimestre na maioria das vezes. Isso de certo ponto sinaliza a trajetória seguida com a proposta desta tese, tendo a visualização como um dos aportes teóricos, já que as pesquisas apontam para maior eficácia do uso da mesma com alunos acima de 14 anos de idade (BARNEA; DORI, 1999 apud MANTOVANI, 2013; FERK et al, 2003 apud MANTOVANI, 2013).

Um outro ponto a se destacar é a existência de diversos materiais para o uso de visualizações no ensino de ciências, notoriamente na área de Química e com prevalência didática interativa. Acredita-se que esta constatação se configura numa acertada escolha desta pesquisa em propor ambientes imersivos, estando totalmente ressonante com o que vem sendo feito nas áreas do ensino-aprendizagem de ciências. O levantamento apresentado no capítulo 2 apontou para a inexistência de grupos de pesquisa no Brasil e no mundo que utilizam Realidade Aumentada e Realidade Virtual (RVA) ou Realidade Mista (RM) com vídeos 360 graus no ensino de física. Este fato sinaliza para o pioneirismo desta tese e o quanto que precisa ser pensado com foco nessa área.

Voltando para a pesquisa feita por Teruya e Marson (2011) dentre os objetivos, destaca-se a intenção de verificar as publicações sobre a visualização num intervalo de uma década (2001 a 2010), tendo olhares atentos para os pontos comuns entre os artigos e periódicos encontrados, lembrando que foram 171 artigos e 14 periódicos. Assim como no levantamento sobre a Realidade Virtual e Aumentada no ensino, os recursos digitais gerados e as principais contribuições dos grupos de pesquisas do Brasil e do mundo, a metodologia adotada nesta pesquisa também foi abrangente e segundo os autores foram feitas nos veículos de comunicação científica. Os seguintes periódicos foram pesquisados nos anos de 2001 a 2010: *Journal of Chemical Education (J. Chem. Edu.)*; *Biochemistry and Molecular Biology Education (BAMBED)*; *Research in Science Education (Res. Sci. Edu.)*; *Science Education (Sci. Edu.)*; *Chemical Education Research and Practice (Chem. Edu. Res. Pract.)*; *Computers and Education (Comp. Edu.)*; *Journal of Research in Science Teaching (J. Res. Sci. Teach.)*; *International Journal of Science Teaching (Int. J. Sci. Teach.)*; *Problems of Education in 21 st century (PEC)*; *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*; *Journal of Science Education and Technology (J. Sci. Edu. Tech.)*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC)*; *Química Nova (QN)*; *Química Nova na Escola (QNEESC)*. (TERUYA e MARSON, 2011).

Os dados gerais da pesquisa podem ser consultados no artigo original, apresentado e disponibilizado nos anais do VIII ENPEC, assim como os critérios adotados e outras informações que julgarem relevantes e que não foram contempladas neste capítulo. Na Figura 30 abaixo, é possível ver a concentração da produção em alguns anos e os veículos de comunicação científica envolvidos, deixando em destaque que alguns desses periódicos iniciaram suas atividades depois de 2001, mas aparecem em igualdade de condições com os demais.

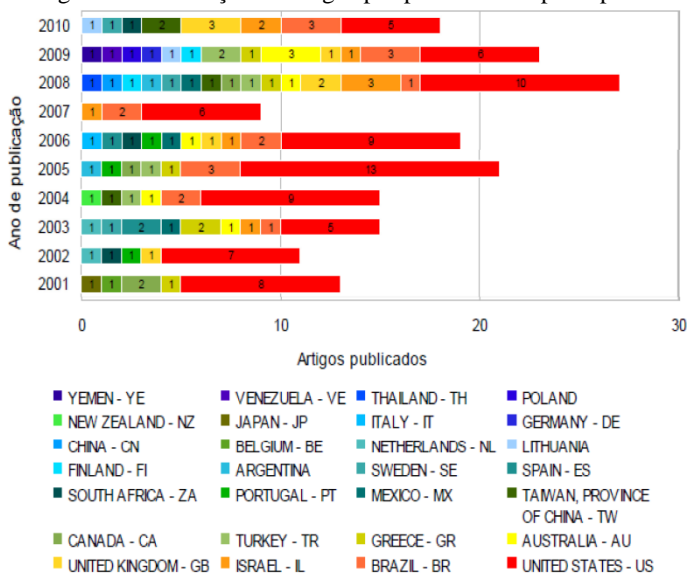
Figura 30 – Produção de artigos sobre Visualização por periódicos (produção absoluta e proporcional da década)



Fonte: Teruya e Marson (2011)

De acordo com a apresentação da Figura 30, pode-se observar que há ocorrências de artigos publicados em periódicos brasileiros: *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC)*; *Química Nova (QN)* e *Química Nova na Escola (Qnesc)*, que aparecem no canto superior esquerdo da Figura e em tonalidades azuis. As demais pertencem a países de diversas regiões do mundo, como mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Produção de artigos por país do autor principal



Fonte: Teruya e Marson (2011)

Em relação ao outro trabalho de pesquisa utilizado como referência neste capítulo, a dissertação de mestrado em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo da autora Vivian Mantovani, pode-se observar o quanto que o assunto Visualização no Ensino de Ciências vem assumindo um protagonismo, na área de Química principalmente.

Mantovani (2013) optou por acompanhar um curso lato sensu de formação continuada de professores de química do ensino médio, que utilizam ferramentas visuais e modelos. A autora utilizou questionários qualitativos para registrar como os docentes cursistas receberiam e reagiriam diante das informações baseadas nas recomendações preconizadas pela Visualização no Ensino de Ciências. A pesquisadora tinha como meta verificar como que essas informações afetariam, ou não, o modo de pensar dos professores com relação a suas práticas docentes. A autora percebe na formação continuada uma oportunidade de reflexão dos envolvidos em relação ao uso de ferramentas e modelos, permitindo que os mesmos aperfeiçoem e criem estratégias a partir da troca de papéis, estando estes como alunos. Foram acompanhadas as aulas de Química Orgânica pela afinidade da pesquisadora. Mantovani (2013) explicita a

importância de colher os perfis dos professores cursistas no início e após a pesquisa qualitativa, bem como o modo como a professora instrutora do curso utilizaria as ferramentas de recursos visuais com esses docentes em formação continuada.

Mantovani (2013) comparou as respostas colhidas no início e ao término do curso e concluiu que os professores cursistas tiveram a percepção de que não conseguiriam acompanhar as explicações sem o uso dos recursos visuais, por exemplo, ao se falar sobre estereoquímica, bem como outros fenômenos naturais observados. Essa percepção é dada a partir dos recursos materiais utilizados pela professora que ministrou o curso, bem como pelas inferências e respostas dos cursistas ao questionário final, onde a maioria respondeu que desconhecia conceitos como visualização, modelagem e modelos. Segundo Mantovani (2013), esses professores cursistas tiveram uma formação deficitária em Química Orgânica e puderam refletir sobre o que aprenderam neste curso com ênfase na Visualização no Ensino de Ciências e o quanto que teriam que rever as suas metodologias de ensino.

Para finalizar, no artigo “Visualization in Science Education”, Vavra et al. (2011) apresentam um levantamento sobre estudos envolvendo a visualização no ensino de ciências. Os autores apresentam um levantamento de 65 estudos com diversas perspectivas e norteamentos das ações realizadas por pesquisadores de boa parte do mundo. Neste trabalho se propõe uma sistematização para o significado de visualização organizando em três termos: objetos de visualização, visualização introspectiva e visualização interpretativa.

Entende-se como objetos de visualização as imagens, modelos tridimensionais, diagramas esquemáticos, Figuras geométricas, telas geradas por computador, simulações, animações, vídeos e assim por diante. Os objetos podem ser exibidos em vários formatos de mídia, incluindo papel, *slides*, telas de computador, Quadros-brancos interativos ou vídeos, e podem ser acompanhados por som e outros dados sensoriais.

Os objetos mentais retratados pela mente fazem parte do que se conhece como visualizações introspectivas. Eles podem ser pensados como objetos de visualização. A visualização interpretativa envolve a atribuição de significado a objetos de visualização ou visualizações introspectivas em relação à rede existente de crenças, experiências e compreensões. Uma

visualização interpretativa envolve uma ação cognitiva – uma mudança no pensar como resultado da interação com um objeto de visualização ou com uma visualização introspectiva (PHILLIPS; NORRIS; MACNAB, 2010).

Assim, as visualizações são diferenciadas em termos de objetos físicos (ilustrações geométricas, animações, telas geradas por computador, representações semelhantes a imagens); Objetos mentais retratados pela mente (esquema mental, imagens mentais, construção mental, representação mental); e processos cognitivos que envolvem a interpretação de visualizações físicas ou mentais (funções cognitivas na percepção visual, manipulação, e transformação de representações visuais pela mente; dos modos de pensar do concreto ao abstrato; retratando fatos). Essas distinções são importantes para a compreensão das demandas e os contextos de uso da visualização e para determinar a aplicação mais efetiva da mesma na sala de aula de ciências. (VAVRA et al. 2011, p.22) “tradução livre do autor”.

Esta organização é extremamente importante para esta pesquisa, pois entendemos que o aplicativo gerado como já dito anteriormente é um objeto de visualização que pretende com a imersão fornecer auxílio à aprendizagem favorecendo a visualização interpretativa.

4.1.1 O que constitui uma boa visualização e o que é necessário para os indivíduos interpretá-las e avaliá-las?

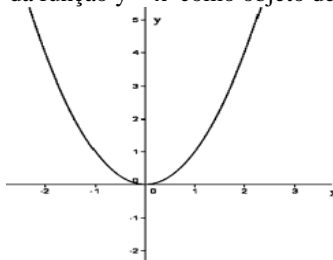
Os autores Phillips et al. (2010) apresentam algumas noções de visualização de senso comum, como dito no início deste capítulo, partindo de justificativas conceituais básicas. Primeiramente, concebem um objeto de visualização como qualquer objeto que um estudante observa para auxiliar na aprendizagem ou compreensão de algum tema de importância educacional. Este objeto de visualização pode ser uma imagem, um diagrama esquemático, uma simulação de computador ou um vídeo.

Um aluno, quando usa o objeto de visualização, o ato é chamado de visualizar. Um aluno ao utilizar imagens visuais na ausência de objetos de visualização o ato aqui é chamado de introspectivamente visualizando.

De acordo com Phillips, Norris e Macnab (2010), desde os primeiros anos da educação básica, o diagrama estático é provavelmente o mais simples e o mais significativo objeto de visualização na sala de aula. Citam o diagrama de Venn, e reforçam que alguns diagramas matemáticos utilizados na geometria são os mais comuns ou familiares para a maioria. Seguindo a mesma linha de raciocínio, exemplificam o uso de gráficos de funções, introduzido por Descartes, como um exemplo comum de objeto de visualização e que data do século XVII. Um simples gráfico 2D é uma representação geométrica da relação entre duas variáveis.

Neste sentido, os autores trazem uma discussão bem interessante sobre a utilização de um gráfico de uma função do 2º grau como ilustrado na Figura 32. Argumentam que ao utilizar o gráfico da função $y = x^2$, como objeto de visualização, espera-se que estudantes do ensino médio entendam que a equação polinomial $y = x^2$ e seu gráfico, codificam a mesma informação matemática. Ou seja, a representação simbólica e a gráfica são formas distintas de se expressar a mesma função. Ambas as representações existem de forma independente uma da outra. Como dito na introdução deste artigo espera-se que os estudantes aprendam a reconhecer e a transitar entre as diferentes representações, neste caso, de uma expressão a matemática. E, neste sentido, os autores salientam que se pode questionar sobre qual o papel desempenhando pelos *softwares* gráficos.

Figura 32 – Gráfico da função $y = x^2$ como objeto de visualização



Fonte: Phillips, Norris e Macnab (2010)

Phillips, Norris e Macnab (2010), destacam que as salas de aula de física, assim como os laboratórios utilizados nos experimentos são ambientes com grande presença de recursos de visualizações: diagramas

realistas, fotografias e simulações, astrofotografias, desenhos em escala de equipamentos e afins. Segundo os mesmos, os diagramas mostram uma relação entre fenômenos físicos e abstrações matemáticas, onde podemos ampliar o escopo para a compreensão de fórmulas e leis físicas. Citam também diagramas de adição vetorial, por exemplo, os que codificam um processo matemático e uma representação do movimento físico. As ocorrências da Visualização no Ensino de Física, por exemplo, as que utilizam os diagramas de circuitos elétricos, destacando que eles não têm semelhança física com circuitos elétricos e não são realisticamente representativos do fluxo físico de eletricidade, mas, servem e podem ser utilizados para abstrair as ideias de corrente e tensão e, desde modo, representá-las visualmente tornando o cálculo mais aprazível e possível aos aprendizes.

O próximo item aborda a visualização em conjunto com teorias que validam a mesma, de certo modo, pois trazem a relação da mesma com a psicologia cognitiva e outros aspectos que são caros aos processos de ensino-aprendizagem.

4.2 Quais são as perspectivas teóricas que abordam a aplicação da visualização em Ciências?

Segundo Vavra et al. (2011), a visualização na educação científica do ponto de vista da psicologia cognitiva pode ser compreendida a partir de duas perspectivas teóricas que se ancoram num modelo de arquitetura cognitiva humana composta por dois canais de processamento: (1) a Teoria de Codificação Dual e (2) a Hipótese de Imagens Visuais. A principal diferença entre essas duas perspectivas reside na função ou finalidade dada para visualização.

A Teoria da Codificação Dual (CLARK e PAIVIO, 1991) considera a visualização como um meio para se compreender como a informação linguística (palavras e frases) e visual (imagens) são codificadas por dois canais de processamento que compõem a arquitetura cognitiva humana, sendo um verbal e o outro não verbal. As informações armazenadas em cada sistema podem ser acessadas de forma independente e, por isso, é possível tornar mais eficiente a aprendizagem. Assim, a combinação de informações verbais e visuais fornece suporte duplo para aprendizagem e aquisição de conhecimento. Não obstante fornece dados importantes sobre o modo que a percepção visual afeta a memória e como a visualização pode ser utilizada para melhorar a aprendizagem e a compreensão do que está em processo de visualização (PAIVIO, 1986; SADOSKI e PAIVIO 2001 apud VAVRA et al, 2011).

De acordo com o artigo, a Hipótese de Imagens Visuais concentra os esforços nos objetos de visualização. Segundo Vekiri (2002 apud Vavra, et al. 2011), representações gráficas, possibilitam o processamento de informações com mais eficiência do que as representações verbais, em última análise, reduzindo a demanda na memória de trabalho. A premissa básica da Hipótese de Imagens Visuais é que os objetos de visualização e as suas atividades, fornecem a informação e os conceitos necessários para facilitar a aplicação do conhecimento e habilidades na resolução de problemas (JOHNSON-LAIRD, 1998; PYLYSHYN 2003 apud VAVRA et al, 2011).

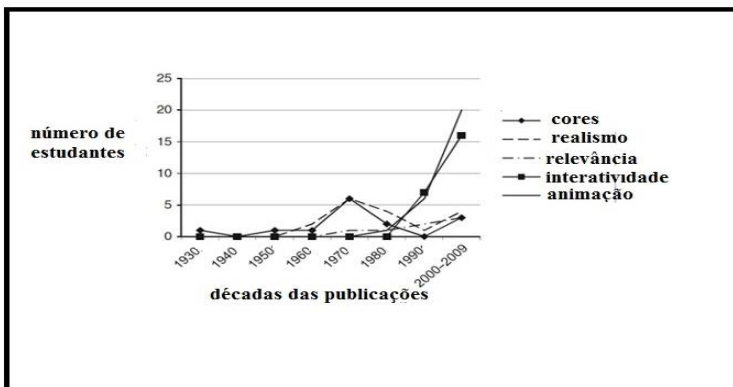
Entretanto, entendemos assim como Ferreira, Baptista e Arroio (2011) que há pelo menos mais uma abordagem teórica que também pode dar suporte à visualização. A Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER et al 2011). Ela também se ancora num modelo de arquitetura cognitiva humana formada por dois canais de processamento. E considera que a memória de trabalho tem capacidade limitada para tratar informações novas. Então, faz-se necessário gerenciar a quantidade de informação fornecida para não gerar sobrecarga cognitiva. Os autores sugerem um conjunto de efeitos e princípios que uma vez adotados/respeitados podem ajudar a alcançar uma aprendizagem bem-sucedida. Esta foi a teoria adotada nesta pesquisa como aquela que dá suporte à visualização. São complementares, convergentes e em muitos aspectos auxiliam na concepção de recursos digitais voltados aos processos de ensino-aprendizagem.

4.2.1 Há evidência experimental que dê suporte à visualização no ensino de ciências?

Phillips, Norris e Macnab (2010) avaliaram 247 trabalhos publicados entre 1936 e julho de 2009. Deste total, 140 eram estudos empíricos. Da análise destes trabalhos surgiram cinco características importantes das visualizações: cor, realismo, relevância, nível de interatividade e animação. A distribuição pode ser vista na Figura 33. Este resultado é muito importante e pertinente para este trabalho que envolve todas as cinco características, principalmente animação e interatividade. Este fato será melhor compreendido no momento da apresentação e manuseio da ferramenta. Essas e outras peculiaridades que corroboraram a adoção da Teoria da Carga Cognitiva e a Visualização no Ensino de Ciências, durante o capítulo 6 e nas considerações, fechamento desta pesquisa, onde trataremos algumas inferências sobre os testes da ferramenta. A RVA_360 passará pelo crivo de alguns professores de

Física do ensino superior, preferencialmente aqueles que conhecem as dificuldades que envolvem os processos de ensino-aprendizagem de momento angular.

Figura 33: “Número de estudos publicados sobre características relacionadas a uma boa visualização por década” – Traduzido do original pelo autor.



Fonte: Adaptado de Phillips, Norris e Macnab (2010)

Também defendem que a pesquisa empírica realizada pelo menos nas duas últimas décadas sobre visualização no ensino de ciências, são consensuais de que no campo das ciências os objetos de visualização dão suporte ao aprendizado de conceitos. Para exemplificar, um dos estudos apontados pelos autores, em relação ao trabalho desenvolvido por Mayer e Anderson (1991) referente a uma animação sobre a operação de uma bomba de pneu de bicicleta. Neste experimento, 30 estudantes de graduação receberam instruções usando a combinação de narração (verbal) com imagens (não verbal). Este grupo teve um desempenho melhor do que aqueles que tiveram as mesmas instruções, porém com apenas uma dessas modalidades. O que sugere também uma evidência experimental da validade da teoria da codificação dual.

Phillips, Norris e Macnab (2010) destacam as aplicabilidades dos diferentes tipos de visualização no ensino de ciências, cada um com propósitos distintos. Citam, por exemplo, que um diagrama de um circuito elétrico não tem nenhuma relação com os dispositivos presentes nos circuitos elétricos reais. No entanto, auxilia os estudantes a entenderem propriedades não visuais de uma forma visual possibilitando inclusive a obtenção de grandezas como corrente e tensão. Dissertam também sobre

outros tipos de visualização no ensino de ciências e na educação científica de um modo geral, proporcionados por imagens, ilustrações de planetas, desenhos em escala de equipamentos científicos e outros.

No encerramento do artigo, Vavra et al (2011), fizeram recomendações a respeito do uso da visualização no ensino de ciências, destacando novamente a eficácia das representações visuais, mas com muita cautela. Acredita-se, que as preocupações dos mesmos sejam pertinentes. Notou-se nas literaturas consultadas e citadas neste trabalho, que os êxitos com o uso da visualização estão intimamente ligados com a forma que a mesma é aplicada, supervisionada, já que não se pode esperar por um acesso direto da visualização ao entendimento. Existem diversos vieses e variáveis que devem ser levadas em consideração. Neste contexto, Vavra, et al. (2011), recomendam promover a aprendizagem e a compreensão, como forma de auxiliar na análise e resolução de problemas. Além do cuidado com o tipo de visualização escolhida e como a mesma será utilizada, pode ser de forma estática (desenhos, gráficos e diagramas) ou por intermédio de uma mídia dinâmica (animações, visualizações baseadas em computador, jogos sérios com Realidade Virtual e Aumentada e outros).

5 O PROJETO DE CRIAÇÃO DA FERRAMENTA RVA_360

Este capítulo tem por objetivo apresentar a ferramenta RVA_360 que possui como foco as inovações nos processos de ensino aprendizagem em ciências mediados por objetos de visualização e o uso de Realidade Virtual e Aumentada na produção dos mesmos. A RVA_360 está alicerçada na Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e na Visualização no ensino de ciências, ambos referenciais teóricos apresentados nessa pesquisa com capítulos dedicados.

A Teoria da Carga Cognitiva teve um papel importante no processo de criação da ferramenta. Como dito no capítulo 3, a aprendizagem ocorre satisfatoriamente quando o processamento da informação se alinha aos processos cognitivos. Em outras palavras, o volume de informações submetidas aos aprendizes precisa ser compatível com a capacidade de compreensão dos mesmos. Isso foi dito por John Sweller, reconhecidamente o criador da TCC. Também foi abordado no capítulo dedicado a TCC que este não é o único fator impeditivo, mas sem dúvidas é condicional para ser bem-sucedido na elaboração e manuseio de *softwares* educativos, já que a exposição informacional em demasia levará o aprendiz à sobrecarga (MAYER, 2001, apud SANTOS, 2009).

Certamente que esta perspectiva de desenvolvimento de ambientes de aprendizagem influenciou diretamente na criação da ferramenta RVA_360, ainda mais por se tratar de Realidade Virtual e Aumentada, onde os cenários se formam diante do usuário em tempo real. O cuidado com a quantidade de informações e, conseqüentemente, com a sobrecarga cognitiva foram preocupações constantes, reforçadas com o que preconiza a Visualização, nosso outro aporte teórico, responsável direto pela ocorrência da aprendizagem por meio do objeto de visualização científica gerado.

A ferramenta concebida nessa pesquisa buscou contemplar o que ambos referenciais teóricos pontuam em relação aos estímulos visuais. Conforme destacado pelo grupo HCI *Research at Glasgow University - Interactive Multimodal Group* (apresentação das ocorrências encontradas na base de dados *ResearchGate*) que trabalham essencialmente com a produção e aperfeiçoamento de óculos de Realidade Virtual. Este grupo enfatiza a importância de isolar o usuário do contato com o mundo real, para então conseguir o que chamaram de imersão pura e, por isso, estimulam a memória sensorial, mais especificamente o que se relaciona ao campo da visão. São meios de tentar compensar o isolamento do mundo físico e provocar as sensações/percepções o mais próximo possível do mundo real. Outros grupos também frizaram o sentido tátil,

por exemplo, o pertencente a Universidade de Glasgow, localizada na Escócia (capítulo 2 desta pesquisa). Foram vários grupos que fizeram alusão à memória sensorial e a importância da utilização dos canais mais adequados para se acessar a memória de trabalho e, posteriormente, a memória de longo prazo em forma de “esquemas” que são as instruções que provocarão mudanças desejadas com instruções oriundas do conteúdo em estudo, ou da carga intrínseca como preconiza a TCC.

No capítulo 3, dedicado à Teoria da Carga Cognitiva ou simplesmente TCC, mais especificamente, item 3.1, é possível se ler sobre os motivos que tornam os estímulos visuais e as animações fortes aliados dos recursos digitais feitos com a utilização da Realidade Virtual e Aumentada. O nosso cérebro tem uma quantidade expressiva de células neuronais dedicadas ao campo da visão, conseqüentemente, aos estímulos visuais e às animações. Aqui está uma intervenção muito forte dos conhecimentos adquiridos através dos referenciais teóricos adotados. Pelo fato da TCC se alinhar com a arquitetura cognitiva humana e o modo que processamos e tratamos as informações/instruções, fizemos usos constantes dos seus princípios. Certamente que as prerrogativas da visualização também influenciaram positivamente na concepção da ferramenta, mas estes aspectos serão tratados mais abaixo.

Phillips et al (2010) apresentam algumas noções de visualização de senso comum, partindo de justificativas conceituais básicas. Primeiramente, concebem um objeto de visualização como um recurso didático que um estudante observa para auxiliar na aprendizagem ou compreensão de algum tema de importância educacional. Este objeto de visualização pode ser uma imagem, um diagrama esquemático, uma simulação de computador ou um vídeo.

Vavra et al (2011) recomendam promover a aprendizagem e a compreensão como forma de auxiliar na análise e resolução de problemas. Além do cuidado com o tipo de visualização escolhida e como a mesma será utilizada, pode ser de forma estática (desenhos, gráficos e diagramas) ou por intermédio de uma mídia dinâmica (animações, visualizações baseadas em computador, jogos sérios com Realidade Virtual e Aumentada e outros). Abre-se parêntesis para destacar que na concepção do objeto de visualização RVA_360, optou-se pela mídia dinâmica através da utilização de visualizações baseadas em computador de modos semi-imersivo e imersivo.

No que tange à Visualização no Ensino de Ciências, Vavra et al (2011) alertam que se configura num grande equívoco, inferir que um objeto de visualização dará conta sozinho da compreensão e análise do conteúdo em estudo. É importante destacar que os recursos digitais

educacionais feitos com elementos lúdicos (peculiares aos *softwares* da área de entretenimento e sem compromisso com o ensino-aprendizagem), possuem certas armadilhas que os deixam no limiar entre recursos tecnológicos educacionais de grande importância e impactante pelas inúmeras possibilidades e funcionalidades, mas também os aproxima a categoria de recursos pouco ou nada úteis. Para evitar a subutilização de objetos de visualização com fins instrucionais/educacionais, torna-se de extrema importância a dosagem de efeitos visuais e animações, pois os mesmos podem carregar a ferramenta de ludicidade e conduzir os alunos para competição e dessa forma comprometendo o objetivo principal que é o conteúdo em estudo. O foco da RVA_360 foi direcionado para os processos de ensino-aprendizagem de momento angular. Por mais que se tenha motocicletas realísticas, possibilidades de uso com as pistas de velocidade e os morros para a prática de “motocross”, os aspectos perder ou ganhar, tempo de uso e outros tão comuns aos jogos de Realidade Virtual da indústria do entretenimento, foram totalmente deixados de lado. Por mais que seja atrativa, cheia de recursos e estímulos sonoros e visuais, as preocupações com a sobrecarga cognitiva (excesso de instruções e informações verbais e não verbais) não devem ficar em segundo plano. O foco é o ensino-aprendizagem de momento angular com as intervenções de um professor de ensino superior ou o próprio aluno, autonomamente falando.

Voltando aos aspectos do uso da visualização no ensino de ciências, mais especificamente na ferramenta criada.

Os autores citam diversas recomendações para o uso adequado de objetos de visualização. Por este prisma, optou-se pelo uso de vídeos introdutórios sobre a grandeza física escolhida, momento angular, bem como a apresentação de um tutorial com reforços teóricos do assunto e questões resolvidas e sugeridas por resolver.

É oportuno destacar que o presente capítulo 5 é composto por fases distintas, pois se entendeu ser de extrema importância a preservação das perspectivas iniciais e os modos que as mesmas foram aperfeiçoadas e, em muitos casos, deixadas completamente de lado. É comum encontrarmos projetos de criação de recursos computacionais que retratam somente a ferramenta pronta, não documentando as diversas mudanças, tentativas, erros e dificuldades encontradas no percurso. É de entendimento do autor que quanto mais explicado a etapa de implementação de uma ferramenta, maior será a contribuição para novas pesquisas que se apoiarem nos relatos sobre a mesma. Assim sendo, serão apresentadas todas as etapas da criação, perpassando pelos

aconselhamentos recebidos na qualificação e até mesmo nos aprendizados oriundos dos diversos fóruns especializados, onde inclusive obteve-se grandes ajudas nas implementações e modelagem dos avatares utilizados na ferramenta ou recurso computacional gerado (RVA_360).

Ainda no processo inicial de preparação para a criação da ferramenta, destaca-se a adoção da linguagem *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) como ferramenta de integralização de soluções educacionais feitas em RVA, compatíveis com as funcionalidades dos principais portais de redes sociais, onde se pretende disponibilizar o *software* educativo gerado. De forma mais detalhada e técnica VRML é uma linguagem de programação de computadores bastante utilizada no âmbito da Realidade Virtual e Aumentada e o objetivo é nortear a implementação computacional com a sua utilização para a produção de objetos de visualização. Os componentes feitos na linguagem VRML são totalmente compatíveis com a *Unity 3D* e isso significa que é possível ter uma cidade montada com as bibliotecas de componentes da plataforma e os avatares feitos em VRML. Esta ferramenta se propõe a produção de objetos de visualização para o ensino de física, que auxiliem a modelização e potencialização da habilidade de abstração e representação dos aprendizes (alunos da atualidade imersos nas tecnologias) integrando a Realidade Virtual e Aumentada (RVA) com vídeos 360⁰. Este formato de vídeo auxiliará nas percepções realísticas e principalmente nas imersões.

Foi durante as primeiras interações nos fóruns especializados em *Unity 3D*, principalmente, no portal *pluralsight* onde são ofertados diversos cursos para desenvolvedores de recursos computacionais voltados para Realidade Virtual e Aumentada, que a ferramenta RVA_360 saiu do campo das ideias e tomou forma. Pode-se afirmar que os primeiros cursos feitos pelo autor desta tese, neste portal, foram primordiais, pois as possibilidades de interação com programadores experientes do mundo inteiro foram determinantes para se decidir pelo uso exclusivo da plataforma *Unity 3D* e dos *plugins* para uma plataforma externa, totalmente voltada à imersão, chamada *oculus*. A mesma fornece uma modelagem específica para se tornar um recurso computacional compatível com a Realidade Virtual e Aumentada com o uso do capacete ou visualizador de RV, *Oculus Rift*. Ainda, neste capítulo, encontrarão um tópico dedicado a esta plataforma, devido à importância e à complexidade que envolve o uso das soluções integradas e de ferramentas desenvolvidas por empresas distintas, neste caso, *Unity 3D* e *Facebook/Oculus*. A integração ocorre através de pontos de acessos que conhecemos tecnicamente como *plugins*.

5.1 O que esperar da ferramenta RVA_360?

A principal meta do processo de criação da ferramenta é torná-la capaz de solucionar o problema ou pergunta de pesquisa desta tese: **De que forma a Teoria da Carga Cognitiva e as perspectivas da visualização contribuem na elaboração de um recurso digital gerado com Realidade Virtual e Aumentada imersiva para o processo de ensino-aprendizagem de momento angular?**

A compreensão das combinações das diversas áreas tecnológicas envolvidas é de grande importância e, por isso, as mesmas foram apresentadas detalhadamente nos capítulos anteriores, mesmo aquelas que acabaram não sendo utilizadas diretamente na confecção da ferramenta RVA_360, mas como dito na abertura deste quinto capítulo, optou-se por manter as citações das intenções iniciais e todo histórico das alternativas utilizadas nas suas substituições.

As percepções acima começaram a ganhar forma a partir do momento que ficou decidido que o foco da ferramenta seria um assunto ministrado na física básica do ensino superior, não só nos cursos de bacharelado e licenciatura em Física, mas também nas Engenharias, principalmente, na Mecânica. O assunto escolhido foi Momento Angular ou Momentum Angular e a escolha recaiu nas dificuldades de aprendizagem relatadas em diversos artigos na área do ensino de física básica. Muitos alunos sentem dificuldades de abstrair conceitos tridimensionais, tendo como recursos livros didáticos tradicionais que representam as grandezas na forma bidimensional e mesmo com ilustrações 3D e a regra da mão direita, as dificuldades permanecem, pois, tais situações não oferecem elementos que garantam uma abstração ampla e a condução do aluno ao entendimento da referida grandeza física e suas peculiaridades.

Para criar e modelar a ferramenta com imersividade em Realidade Virtual e Aumentada, o cenário idealizado utiliza-se de motocicletas em três modelos distintos. Uma moto de corrida, uma preparada e especializada para motocross e outro modelo utilizado pelas polícias do mundo inteiro. A ideia é poder explorar os mais distintos barulhos de motor, poder utilizar as motos adequadas as questões que envolvem motovelocidade, provas em terrenos irregulares, saltos, já que esses elementos são os que mais se apresentam nos estudos das dinâmicas das motocicletas e as referidas grandezas físicas envolvidas. Com esses recursos e abordagens é possível trabalhar a percepção auditiva durante a

imersão e outras características que serão apresentadas e discutidas aqui neste capítulo mais adiante.

5.2 Metodologia

Os jogos, a parte interativa e lúdica da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, foram elaborados utilizando-se a Teoria da Carga Cognitiva e a visualização no ensino de ciências. É importante destacar que a presença dos referências teóricos ou o uso dos mesmos nos processos de criação da ferramenta, foram nomeados diversas vezes nos capítulos anteriores, resgatados novamente na abertura deste capítulo 5, mas a apropriação e entendimento da importância dos mesmos na concepção da ferramenta, só será vivenciada com o manuseio e o envolvimento prático. São vários aspectos como a quantidade informações na tela de abertura visando amenizar a carga cognitiva estranha, que pode ser provocada pelo objeto de visualização, a navegabilidade entre os 5 módulos que compõem a mesma e outros. Cuidou – se também para que as questões propostas pudessem ser graduadas pelo professor e de certa forma serem ressonantes com o conhecimento prévio do aluno, mas são aspectos que voltarão no último capítulo. Espera-se que essa compreensão venha a partir da dedicação do leitor desta pesquisa, pois o mesmo precisará adentrar nos âmbitos da avaliação prática e não se limitar à leitura do texto e inferências aos registros teóricos que fizemos no decorrer desta pesquisa. A compreensão virá das apropriações conceituais básicas dos princípios da TCC (capítulo 3) e as prerrogativas da visualização, mas necessariamente do contato prévio com o conceito de momento angular. É possível utilizar a ferramenta sem nenhum conhecimento das grandezas físicas envolvidas, mas para tal, urdirá a necessidade da sequência de uso a partir do módulo introdutório. A ferramenta foi pensada e criada para ser utilizada numa sequência lógica, mas pode e deve ser alterada se o usuário estiver num estágio que permita ir direto para os desafios propostos nas questões práticas.

Em relação ao tema escolhido foram levados em consideração os resultados de pesquisas em ensino de física que ressaltam a relevância da troca de referências, da rotação e da transição 2D/3D, por exemplo.

A implementação computacional envolveu os usos das seguintes ferramentas: *Virtual Reality Modeling Language* (VRML), que não foi utilizada intensamente como se pensava pois, optou-se pela não disponibilização da ferramenta de modo *on-line via web*, mas fez-se as inferências necessárias e as análises de viabilidade com os recursos da

mesma. Os avatares, os módulos da ferramenta e todas interações entre as cenas que compõem a ferramenta foram feitas em C# (*C sharp*) que é uma linguagem de programação adotada pela versão gratuita da *Unity 3D*. Em relação à plataforma *ENTITI* que também possui uma versão de uso liberada sem a necessidade de comprar ou pagar pela licença para utilizá-la, como dito no item 5.1, adotou-se a plataforma *Facebook/Oculus* integrada à *Unity 3D*, devido à aderência da mesma no que se busca com essa tese e com o uso da imersão.

O capacete ou visualizador *Oculus Rift* proporciona uma interação completa com a ferramenta, totalmente imersiva e desconectada do mundo real. Essa experiência permite ao usuário da ferramenta *RVA_360* vivenciar todas as sensações físicas que um piloto de motocicleta pode experimentar no mundo real. O nível de realismo é muito alto por envolver 3 sentidos perceptivos do ser humano (tátil, visual e auditivo), ficando de fora somente o olfato e o paladar, que são compensados pela potencialização dos anteriores e que podem inclusive induzir percepções virtuais dos sentidos ausentes, pelo altíssimo nível de imersão que se consegue com a ferramenta *RVA_360* e o uso do “*Oculus Rift*”.

Os recursos computacionais utilizados na confecção da ferramenta estão descritos abaixo.

a) A linguagem *Virtual Reality Modeling Language (VRML)* e a plataforma *Unity 3D*.

Essa linguagem foi escolhida por ser uma ferramenta de integralização de soluções educacionais feitas em *RVA*, compatíveis com as funcionalidades dos principais portais de redes sociais, onde pretende-se disponibilizar as ferramentas geradas em um canal dedicado. Essa transferência e disponibilização dependerão de *plugins* específicos para os principais navegadores de internet (*browsers*).

Essa conexão com os navegadores é feita pelo *Cortona 3D*, que tem a função de ser um visualizador de objetos (3D e 2D), necessitando ser baixado para o navegador, da mesma forma que muitos serviços de *internet banking* e jogos *on-line* necessitam de *plugins Java* instalados para serem utilizados. Interessante destacar que a utilização de uma plataforma de desenvolvimento de jogos com as “engines” prontas, como a *Unity 3D*, que são motores que possuem os módulos de integração de bibliotecas de *software* e isso significa dizer que muitas funcionalidades comuns aos cenários de jogos, como dia, noite, chuva, vento e outras simulações de fenômenos naturais já estão implementadas nas bibliotecas da plataforma e cabe ao desenvolvedor a manipulação correta desses

componentes de *software*, de acordo com o enredo preparado para cada jogo.

A vantagem consiste em não ter que começar a programação do zero, pois as funcionalidades típicas para um ambiente 3D já estão presentes e a atenção se volta para idealização dos jogos, passagem de parâmetros para os objetos já existentes na plataforma e, com isso, inseri-los nos cenários pensados para os mesmos. Este é um dos principais motivos de ter sido citado acima o uso da plataforma *Unity 3D*, que é uma IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) própria para a criação de jogos de *browser*, que são os que rodam em um navegador *web* e são jogados de forma *on-line*. Além disso, possuem uma interoperabilidade muito boa e isso significa dizer que é possível criar um avatar (personagem) do jogo com uma outra ferramenta, *VRML* por exemplo, e importar para o *Unity 3D* sem problemas. Uma outra grande vantagem são as câmeras utilizadas nos cenários que são integradas a *engine*. É possível criar jogos utilizando os cenários da própria plataforma e são essas câmeras que auxiliarão, por exemplo, no deslocamento do avatar em uma cena do jogo.

O que poderia ter dado errado ou dificultado as intenções de uso da plataforma *Unity 3D*?

O grande desafio seria a integração dos vídeos 360 graus com essa versão gratuita. Possivelmente a versão paga, *Unity 3D PRO*, venha com esses *plugins* instalados. São situações que somente a parte prática poderia responder e não tínhamos como ficar supondo antes das implementações ou programação da ferramenta com uma linguagem de computadores de alto nível e que neste caso utilizou-se *C# (C sharp)* que é nativa da plataforma *Unity 3D*. A adoção da plataforma *Facebook/Oculus*, além de substituir toda a parte intencional de uso de vídeos 360 graus e da técnica de escrita conhecida como *Overlaying*, conduziu a não adoção da plataforma *Entiti*, mas por ser uma proposta de uso que foi cogitada, optou-se por manter a apresentação da mesma a seguir como forma de deixar registrado os rumos seguidos na construção da ferramenta *RVA_360 – Momento Angular*.

b) O uso da plataforma *ENTITI*

Uma outra perspectiva que seria empregada na geração dos jogos é a utilização de um ambiente de programação orientada a objetos, com diversos recursos de Realidade Virtual e Aumentada prontos para o uso. A plataforma com grandes chances de se encaixar no perfil da proposta se chama *ENTITI*, criada por uma empresa israelense. Pelos estudos realizados até o momento, pode se dizer que essa opção se adaptará melhor ao uso dos vídeos 360 graus. Neste caso, a referida plataforma

trabalha com imagens e vídeos externos que são parametrizáveis. O programador ou desenvolvedor tem uma gama de recursos consideráveis e tudo indica que a proposta de tese aqui apresentada, poderia vir trabalhar com essas duas perspectivas.

b.1) O que poderia dar errado ou dificultar as intenções de uso da plataforma *ENTITI*?

Assim como na proposta de uso da *Unity 3D*, os desafios ficariam por conta da interoperabilidade que é a capacidade técnica de funcionar em distintos sistemas operacionais, já que as imagens e vídeos seriam fornecidos durante a criação dos jogos e nem sempre o que se pretende fazer e o formato dos arquivos de entradas são compatíveis com a renderização (formatação final desejada) que se espera. Por ser uma ferramenta nova e com uma versão gratuita, certamente as limitações apareceriam e teriam que ser superadas, tecnicamente falando.

b.2) Um outro desafio seria a compatibilidade dos jogos gerados com os navegadores de internet.

Não é possível afirmar, no momento, que os objetos de visualização gerados com a plataforma *ENTITI* teriam uma interoperabilidade desejada e nem o quanto que a referida plataforma seria amigável ou não. Os testes e aprofundamento técnico não foram realizados, tendo ficado somente no campo dos estudos das especificidades técnicas da ferramenta. Toda a análise teórica realizada apontava para uma solução bem eficaz para as pretensões, porém a adoção da integração das plataformas *Unity 3D* e *Facebook/Oculus* se mostrou mais eficiente e a escolha foi acertada e exitosa.

Aqui está um ponto interessante sobre o uso ou não da plataforma *ENTITI* que sem dúvidas configurou como uma excelente alternativa enquanto se estava no nível de preparação teórica. Ao iniciar os processos de modelagem dos cenários e dos avatares, bem como as prerrogativas que seriam utilizadas para obtenção da imersão 100% e, conseqüentemente, se alcançar o desempenho desejado da ferramenta *RVA_360 – Momento Angular*, notou-se uma acentuada dificuldade de se conseguir os resultados esperados através da plataforma *Android* e o uso de celulares. Foram feitos diversos testes e inclusive adquirindo um capacete estilo “*vr box*” ou *Google cardboard*, que são óculos de realidade virtual que se baseiam nos giroscópios de celulares e controla os avatares com movimentação da cabeça. Essa experiência não foi exitosa, mas serviu para a adoção de uma plataforma integrada com a *Unity 3D*, chamada “*oculus*” e que oferta uma imersão com um capacete especial conhecido como *Oculus Rift*. O grande diferencial se dá por

conta do uso de máquinas especiais computadores do tipo *personal computer* (pcs) ou *notebook*. Dessa forma, o uso da plataforma *ENTITI* foi deixado de lado, pois as implementações para *Oculus Rift* são todas em 360 graus e não teria sentido o uso da mesma. Os parágrafos acima, itens b1 e b2, foram mantidos pela importância de deixar registrado as alternativas e mudanças que ocorreram durante o processo de produção da ferramenta RVA 360 – Momento Angular. Relatar tão somente a fase final empobreceria o capítulo e deixaria diversos aspectos fundamentais para o desenvolvimento de recursos digitais com o uso da Realidade Virtual e Aumentada imersiva sem serem comentados e socializados com a comunidade desenvolvedora de *softwares* educativos.

b.3) Como ocorre a imersão durante o uso da ferramenta RVA_360?

A ideia inicial era a criação de um objeto de visualização feito com Realidade Virtual e Aumentada, onde o diferencial seria o toque realístico nas cenas e a imersão tornando-se crucial. Normalmente, são utilizados óculos 3D para este fim, sendo o nosso ponto de partida a utilização de visualizadores de Realidade Virtual que permitissem o uso de celulares com sistema operacional *Android*. Foi feita uma versão da ferramenta preparada para esses aparelhos móveis, desde que fossem modelos com giroscópios, pois os óculos de Realidade Virtual tipo *VR Box*, *Google cardboard* e os demais modelos voltados para imersão com celulares, só funcionam se esses tiverem especificações mínimas e o principal requisito é o giroscópio já que são eles que acionam os imãs que funcionam como acionadores dos movimentos e até mesmo o liga e desliga do dispositivo. A ferramenta funcionou perfeitamente com o uso de toque de telas sensíveis “touch screen”, porém a imersão com a utilização dos óculos rv e os celulares ficou muito abaixo do esperado e, praticamente, inoperante. O usuário tinha que parar a ferramenta, acioná-la fora do visualizador e, deste modo, a imersão ficava comprometida e não surtia o efeito esperado.

A alternativa foi um estudo mais detalhado do modo de uso com *Oculus Rift*, que são próprios para visualizações tridimensionais e as câmeras 360 graus para captar ambientes e que são sensores que fazem parte de visualizadores com o *Oculus Rift*. É oportuno destacar que essa possibilidade já havia sido cogitada durante a fase de análise de requisitos para a produção efetiva da ferramenta computacional. Constatou-se que a aquisição dos equipamentos próprios para o processo de imersão ou uma pareceria com um laboratório que disponha dos mesmos seria essencial. A UFSC tem alguns grupos de pesquisa e laboratórios que trabalham com Realidade Virtual e Aumentada, sendo que o principal está vinculado aos

curso de *Design*. A aproximação com este grupo e outros da Universidade Federal de Santa Catarina ocorreu na fase de testes da ferramenta RVA_360, mas devido a problemas técnicos com o dispositivo do *Designlab*, buscou-se uma parceria com o Laboratório de Sistemas Integráveis, pertencente à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LSI – Poli/USP). A receptividade foi muito boa e quando estávamos em vias de marcar a ida até lá, surgiu a oportunidade de alugar os equipamentos em Florianópolis e, deste modo, diminuir as despesas financeiras desta etapa de testes. A imersão utilizando a plataforma *Oculus Rift* ocorre fundamentalmente com um uso de computadores pessoais (PCs) ou *notebooks* devidamente preparados para este fim e com uma configuração (memórias, placa de vídeo, slots hdmi e etc), condizentes com os requisitos mínimos da referida plataforma. Abaixo será apresentado uma visão geral deste visualizador de última geração, *Oculus Rift*, já que a imersão ocorre plenamente com essa tecnologia adotada.

5.3 Uma abordagem teórica sobre o dispositivo *Oculus Rift* e a criação de recursos computacionais para essa ferramenta.

A nova geração de visualizadores de realidade virtual, mais conhecidos como óculos RV, surgiu em 2012 com a proposta de resgatar um dos principais objetivos da área que é a interação gestual do usuário com imagens digitais tridimensionais. Segundo Alvarenga e Monteiro (2017), na década de 1990, as principais empresas do ramo de jogos eletrônicos não conseguiram emplacar seus *head mounted displays*, nomenclatura utilizada mundialmente para se referir aos óculos RV ou visualizadores de realidade virtual, acumulando fracassos sem o retorno financeiro esperado. As perspectivas de aceitabilidade comercial ficaram por conta do aprimoramento desses dispositivos, mais especificamente, pela criação da empresa *Oculus VR* por Palmer Luckey, que contou com a colaboração do experiente programador John Carmack criador de jogos de *videogames*, sendo o jogo *Doom* dos anos de 1990 o mais importante de todos (ALVARENGA; MONTEIRO, 2017, p. 132).

Interessante observar que a maior motivação das empresas criadoras dos visualizadores de realidade virtual é a conquista de espaço no mercado de jogos. Por mais que tenhamos aplicabilidades industriais, notoriamente nos setores automobilísticos, mercado imobiliário etc., a aprovação pela indústria do entretenimento é o que move. Neste contexto, é oportuno destacar que os games surgem de empresas de todos os portes e na maioria das vezes de desenvolvedores autônomos individuais. Foi

com essa prerrogativa que a empresa *Oculus VR* lançou no mercado o *Development Kit 1*, mais conhecido como DK1, tendo sido esta a primeira versão do dispositivo *Oculus Rift* no ano de 2012, feito exclusivamente para desenvolvedores de jogos dispostos a pagarem no mínimo 300 dólares. O que estava sendo criado era um *crowdfunding* (financiamento coletivo) e a compra era encarada como doação para aprimoramentos destes óculos RV. De acordo com Alvarenga e Monteiro (2017), a campanha feita num portal especializado neste tipo de investimento arrecadou 250 mil dólares em 4 horas, tendo levantado o montante de 2 milhões e 400 mil dólares somente com o financiamento coletivo. Muitos leitores podem se perguntar o que estes números trazem de especial ao ponto de serem explicitados neste capítulo? A questão é justa e a resposta está pautada nas necessidades latentes de pesquisas multidisciplinares que envolvem a criação de um artefato que pretende imergir completamente o usuário num ambiente tridimensional, onde várias especialidades precisam ser contempladas. Estes valores arrecadados, além de sinalizarem que estavam no caminho certo pela alta aceitabilidade, ainda serviram para que lançassem o DK2 (*Development Kit 2*) no ano de 2014.

O *Oculus Rift DK2* foi lançado em março de 2014. Trouxe grandes melhorias em *design* e, principalmente, na resolução (era 1280 x 800 *pixels* e passou para 1920 x 1080 *pixels*) e ainda veio com uma câmera de infravermelho que tinha por função melhorar a rastreabilidade dos movimentos do usuário e a diminuição da latência, que é o tempo de resposta do sistema aos dados de entradas captados. Certamente que essas melhorias trouxeram mais realismo na imersão, principalmente, no que diz respeito à visão durante o deslocamento do usuário. Todo cenário de jogos criados para a plataforma *Oculus Rift* é em 360 graus, o que torna primordial a diminuição do tempo de resposta do sistema em relação aos movimentos e as interatividades do usuário com o cenário, os avatares e todas as propostas contidas nas cenas dos jogos.

Ainda em março de 2014, poucos dias após o lançamento do *Oculus Rift DK2*, Mark Zuckerberg criador e principal acionista do *Facebook* anunciou a compra da patente *oculus* e o dispositivo recém lançado tornou-se um produto licenciado pela gigante rede social. De acordo com os autores do texto referência deste item 5.3, Alvarenga e Monteiro (2017), o objetivo da compra da patente foi tornar a tecnologia de realidade virtual mais acessível e funcional para outras plataformas, como a internet e o cinema. Assim sendo, historicamente falando, no dia 28 de março de 2016 o dispositivo *Oculus Rift* foi lançado no mercado para o usuário em geral. Não se trata mais das versões para pesquisadores/desenvolvedores, mas sim a versão comercial com os seus

sensores de movimentos, capacete com fones de ouvidos para som estéreo fidedigno, controles (*joysticks*), taxa de imagens por Quadro superior as frequências de 90Hz acima dos 75Hz ou 24 Quadros por segundo. Certamente, há grandes necessidades de investimentos dos usuários em acessórios de *hardware* que possibilitem o uso deste dispositivo de visualização em Realidade Virtual e Aumentada (RVA). O visualizador de RV, *Oculus Rift* requer um computador com a plataforma *Windows*, não funciona com outro sistema operacional, exige uma ótima placa de vídeo, entradas HDMI e USB e o que é primordial, no mínimo 8GB de memória RAM. Vejam que o fato de o tornar acessível ao público geral, antes era só para especialistas em *games*, não deve ser visto como barateamento desses acessórios e muito menos uma garantia de interoperabilidade. Este visualizador de Realidade Virtual e Aumentada foi feito especificamente para sistemas operacionais *Windows 7.1* ou superior.

Apesar de ter sido lançado no mercado em 2016, o dispositivo continua sendo de difícil aquisição no Brasil. Por enquanto, final de 2018, ainda é preciso importar da América do Norte ou de alguns países da Europa. Este fato dificultou bastante a fase de imersão da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, mas este assunto será retomado com detalhes mais adiante. Por hora, continuemos com a apresentação técnica do visualizador de realidade virtual, *Oculus Rift*. Vejamos mais alguns detalhes. Certamente, uma das grandes dificuldades para implementação de jogos para a plataforma *oculus*, consiste em integrá-los a este ambiente computacional sem torná-los nativos da mesma. E o que isso quer dizer? Ao comprar qualquer console de jogos (*playstation*, *xbox* e etc) o usuário recebe alguns jogos em cartuchos ou credenciais diretas para adquiri-los na loja do jogo (*play Store*).

Após essa singela explanação, presume-se que os leitores estejam perto de entenderem que todas as plataformas de jogos, educativos ou entretenimentos, possuem uma biblioteca ou loja própria para disponibilizar seus jogos e os demais que vierem a ser desenvolvidos pela comunidade externa.

Pois bem, todo e qualquer *software* criado para ser executado pelo *Oculus Rift*, precisa obter acesso à loja da plataforma para torná-lo acessível ao público e, portanto, precisa ser desenvolvido diretamente no ambiente da plataforma *Oculus* e, neste caso, terá que cumprir uma série de requisitos técnicos impostos pela mesma. Uma alternativa é encontrar uma “engine” (nome técnico atribuído às plataformas de desenvolvimento de jogos) que consiga interligação com a plataforma *Oculus*. A *Unit 3D*,

plataforma ou ambiente de programação escolhida para o desenvolvimento da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, possui *plugins* que a interligam à plataforma e, com isso, permite ao programador exportar o *software* ou recurso computacional gerado diretamente para o *Oculus Rift*, que é exatamente o desafio que necessitamos vencer.

Após o domínio dos trâmites técnicos demandados para termos uma versão da ferramenta RVA_360, apta para rodar na plataforma *Oculus*, o desenvolvimento prosseguiu com a criação dos ambientes virtuais da ferramenta e seus avatares baseados ou inspirados na física das motocicletas, que foi o veículo escolhido para a exposição do assunto Momento Angular. Os principais detalhes e a escolha da motovelocidade serão assuntos abordados no capítulo 6, dedicado ao tutorial de uso da ferramenta. De forma particularizada, dar-se-á destaque para a parte prática, que é justamente o manuseio das motocicletas em busca de resolver as questões propostas e outras que surgirão com a utilização da RVA_360.

Antes de adentrarmos nas funcionalidades e manuseios da ferramenta como um todo, se faz necessário a apresentação da mesma. Pois bem, optou-se pela criação de 5 módulos integrados e, dessa forma, permitir ao usuário um manuseio de acordo com seu grau de conhecimento de momento angular e do uso de jogos que utilizam a Realidade Virtual e Aumentada imersiva e semi-imersiva. Disponibilizou-se uma revisão conceitual a partir de três vídeos-aulas disponibilizadas no Youtube e cedidas gentilmente pelo professor Mauro Copelli da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), nas quais o mesmo discute o momento angular de uma partícula, de corpos rígidos e a conservação do momento angular. Finalmente são apresentadas as manobras de um veículo de duas rodas e uma abordagem do que acontece no âmbito da grandeza física momento angular. Estes materiais fazem parte do módulo de introdução da ferramenta RVA_360.

Um outro módulo dá acesso ao tutorial de uso da ferramenta e que está disponível *on-line*. Essa é a opção encontrada para reforçar o conteúdo abordado nas vídeos-aulas, bem como a apresentação de questões propostas com dicas e resoluções baseadas nas funcionalidades do objeto de visualização por aqui chamado de RVA_360.

A parte prática da ferramenta é o manuseio dos avatares, motocicletas realísticas, podendo o usuário optar pela semi-imersão através de *PCs*, *notebooks* ou celulares do tipo *smartphones*. Existem módulos específicos para esses equipamentos, mas serão apresentados de forma pormenorizada no capítulo 6 dedicado ao tutorial.

Finalmente, se destaca o módulo “créditos e agradecimentos” que também é disponibilizado *on-line* e isso significa dizer que o usuário não terá acesso direto ao mesmo pelo simples fato de ter instalado a ferramenta na sua máquina, mas poderá baixar este módulo e o tutorial dito anteriormente, tendo deste modo disponíveis para uso sem a necessidade de conexão com a internet.

Feita a apresentação, vamos ao próximo capítulo, onde encontrarão novas informações sobre a ferramenta RVA_360-Momento Angular e mais detalhes sobre as versões disponibilizadas e os recursos da mesma.

6 O TUTORIAL DE USO DA FERRAMENTA RVA_360 – MOMENTO ANGULAR DE FORMA CONTEXTUALIZADA

Este capítulo é dedicado à apresentação do tutorial da ferramenta RVA_360 em suas duas modalidades disponibilizadas. A primeira delas é a versão semi-imersiva, voltada para o uso com *notebook* ou PC e a segunda modalidade é a que oferta uma imersão total com *Oculus Rift*, que pode ser conseguida com um PC ou *notebook* preparado para a plataforma *Oculus*. Ao término deste capítulo encontrarão alguns atalhos sobre testes para verificar se a máquina suporta o *Oculus Rift*, bem como para as configurações mínimas recomendadas pela empresa *Oculus/Facebook*. Importante destacar que nas duas modalidades o usuário terá ao seu dispor a Realidade Virtual e Aumentada, em 360 graus, com cenários e avatares realísticos.

Para obter uma maior efetividade e ir ao encontro dos objetivos específicos dessa pesquisa (capítulo 1, item 1.4), recomenda-se o uso do ambiente tridimensional no módulo imersivo. A experiência de uso conduzirá o usuário às questões que envolvem momento angular e que estão postas em forma de desafios no módulo das questões. É totalmente possível a utilização tão somente das versões semi-imersivas, mas não se pode afirmar o quão benéfico é uma modalidade em relação a outra. Independente da versão da ferramenta RVA_360 e da plataforma computacional que o usuário optar, seja uma máquina *Windows*, *MacOs*, *Linux* ou *Android*, a semi-imersão acontecerá e com ela o uso se dará num ambiente tridimensional e este fato por si só contempla, ainda que minimamente, todos os objetivos específicos enunciados no capítulo 1.

Ao utilizar a ferramenta, até mesmo a versão para celulares *Android*, bastará ao usuário o uso de um fone de ouvido, e a adoção do passo a passo que será recomendado neste capítulo. Observem que o fone auxiliará na ativação da memória sensorial auditiva como visto no capítulo 3, durante a fundamentação da Teoria da Carga Cognitiva que adota as linhas argumentativas e definições da arquitetura cognitiva humana. Se não ocorrer mudanças, sejam elas na potencialização de “esquemas” existentes, aprimorando as habilidades prévias ou pré-existentes, ou sejam elas na construção de novos esquemas, ou seja, oportunização da aprendizagem conforme desejado. Lá no capítulo 3, (item 3.1), esses aspectos foram apresentados em complementação do entendimento dos princípios que compõem a Teoria da Carga Cognitiva.

As duas modalidades da ferramenta, imersiva e semi-imersiva, atuam fortemente com os estímulos visuais. A escolha de motocicletas em modelos que o usuário pode interagir com a mudança de câmeras,

controle da velocidade, efeitos sonoros e de luzes e cenários realísticos, facilitam o uso deste recurso computacional concebido nesta pesquisa.

Uma outra finalidade deste capítulo, consiste em dissertar detalhadamente sobre as recomendações de uso dentro do que a ferramenta se propõe, que são os manuseios da mesma como objeto de visualização nos processos de ensino-aprendizagem da grandeza física momento angular. É oportuno e interessante destacar que diversos professores utilizam veículos de duas rodas para explicar essa grandeza física. De certa forma, essa constatação serviu para apoiar a intenção de desenvolvermos a ferramenta e as motocicletas adotadas como instrumento para tratar o assunto com os recursos da Realidade Virtual e Aumentada. Como um exemplo que aborda essa grandeza utilizando motocicletas, pode ser citado um artigo de Magnani e Cunha (2017), intitulado “*Estudo da Dinâmica das Motocicletas em Frenagem e Curvas: O Efeito da Técnica do Piloto e da Condição da Estrada*”, onde o foco central é o ensino da dinâmica das motocicletas numa disciplina de graduação da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, no qual um dos autores deste artigo, Professor Fábio Magnani, relata a saga de ter que passar mais de seis horas de aula para abordar as fórmulas matemáticas envolvidas nas frenagens e curvas, bem como outros aspectos que envolvem a pilotagem e a engenharia das motocicletas.

Segundo Magnani e Cunha (2017), os alunos se interessam pelo assunto, mesmo sendo com exposições teóricas e equações complexas, pois a maioria já teve oportunidade de realizar manobras com bicicletas e/ou motocicletas e ainda que intuitivamente sabem que existe um tempo de reação e redução da velocidade antes de se fazer uma curva, por exemplo. O que não dominam são as grandezas físicas envolvidas. Os autores seguem seus argumentos expositivos citando:

Do ponto de vista físico, como esperado, determinamos que quanto menor o atrito e menor o raio de curvatura, menor a velocidade máxima possível na curva. Ainda estudamos os vários limites durante curvas e frenagens, que podem ser a perda de aderência na roda dianteira, a perda de aderência na roda traseira, ou a perda de contato da roda traseira (*stoppie*).⁴⁴(MAGNANI e CUNHA, 2017, p.108)

⁴⁴ *Stoppie* é conhecido como RL (*Rear Lift*) ou Bob’s no Brasil. *Front Wheelie* ou *Wikang* em países de língua inglesa, são outras denominações utilizadas para falar dessa manobra feita com veículos de duas rodas (bicicletas e

O artigo que acaba de ser citado, embora não trate diretamente do assunto momento angular, mostra o leque de possibilidades de uso da ferramenta RVA_360, onde os professores e alunos terão possibilidades de realizarem na prática, ainda que virtualmente, as situações que até então aprendem de modo teórico através de fórmulas e recursos didáticos não imersivos ou semi-imersivos.

O recurso computacional que este capítulo apresenta em forma de tutorial se refere à ferramenta **RVA_360 – Momento Angular** gerada nesta pesquisa e que não tem a pretensão de substituir as aulas expositivas do referido assunto, nem tão pouco almeja que o aluno aprenda tudo sobre momento angular a partir de seu uso sem a intervenção de um professor de física. Essas recomendações são frutos do que preconizam os referenciais teóricos utilizados na concepção do objeto de visualização em Realidade Virtual e Aumentada, discutidos nos capítulos anteriores e apresentados nesse ponto do trabalho em forma de tutorial. Os referências a que se refere são a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e a Visualização, principalmente essa última, que foi utilizada o tempo todo. Como já foi afirmado, neste capítulo, e em diversas oportunidades nessa pesquisa, a apropriação do emprego da TCC e da Visualização na concepção da ferramenta RVA_360, pressupõe um bom entendimento do que preconizam esses referenciais, bem como o conceito de momento angular e, finalmente, a experiência prática e resolução das questões a partir do manuseio da ferramenta. A certificação do uso desses referenciais sem o manuseio da RVA_360, ficará empobrecida e por mais que se busque expressar por palavras o alcance estará limitado pelo imaginário e conhecimento prévio do usuário. Os “esquemas” pré-existentes podem e devem ser ampliados e inclusive surgirem novos aprendizados a partir das experiências de uso da ferramenta. Torna-se dificultoso uma formação de ideia sem o devido manuseio prático do recurso digital resultante desta pesquisa.

Espera-se que os usuários da ferramenta adquiriram uma visão ampliada do assunto e até mesmo que conquistem certa autonomia para resolver as questões propostas e outras que poderão ser trabalhadas com a ferramenta pelos mesmos, sejam esses alunos ou professores de física. Para alcançar tais objetivos, tanto aqui quanto diretamente no tutorial *on-line* da RVA_360, apresenta-se uma revisão de conceitos introdutórios da segunda lei de Newton e uma abordagem detalhada sobre veículos de duas rodas (bicicleta ou motocicleta), pois estes foram os objetos de

motocicletas), onde o acionamento do freio dianteiro acarreta na perda de contato da roda traseira com o solo.

visualização gerados e adotados como foco principal de ensino-aprendizagem de momento angular por meio do recurso computacional resultante, denominado RVA_360 – Momento Angular.

Após as explanações teóricas serão apresentadas algumas questões práticas. Recomenda-se iniciar o uso da ferramenta tão somente após assistirem os vídeos de introdução, gentilmente cedidos pelo professor Mauro Copelli (Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE). Foram atribuídos os devidos créditos e agradecimentos que podem ser acessados na tela principal da ferramenta RVA_360, onde inclusive encontrarão um ponteiro ou *link* para o canal *Youtube* do professor Copelli com diversas vídeoaulas.

Após assistir os citados vídeos da introdução ao tema momento angular, ter revisto a contextualização abaixo que aborda o tema com o uso das motocicletas, o leitor estará apto a analisar as questões propostas e, então, aprender a como manusear a ferramenta na sua parte prática em uma das modalidades disponíveis, modo semi-imersivo ou o uso com imersão total, desde que tenha instalado a versão para *Oculus Rift* no seu PC ou *notebook* de acordo com as recomendações apresentadas na parte final deste capítulo.

6.1 Primeira parte – Noções básicas da Segunda lei de Newton

Essa primeira parte do tutorial descreve as grandezas físicas que envolvem as manobras com veículos de duas rodas, motocicletas especificamente, trazendo uma revisão da segunda Lei de Newton e outros conceitos fundamentais para o entendimento das questões propostas para o manuseio prático da ferramenta RVA_360. Importante lembrar que está disponibilizado por aqui os vídeos introdutórios da conceituação básica de momento angular, mas este assunto será retomado mais adiante.

Para apresentar os conceitos físicos envolvidos, optou-se por adotar uma postagem feita pelo físico americano Rehtt Allain que discute justamente o tema por intermédio das grandezas físicas que fazem parte da motovelocidade. O texto com tradução direta feita pelo criador da ferramenta RVA_360, mas com algumas referências de outras fontes encontra-se no Apêndice 1.

6.2 Segunda parte – Questões práticas sugeridas

Há 3 questões propostas que visam abordar a discussão sobre momento angular de forma imersa ou semi-imersa, onde o usuário terá ao seu dispor os recursos da Realidade Virtual e Aumentada,

disponibilizados de modo a explorar os potenciais dessa área para o ensino de física.

A questão 1 abaixo foi elaborada pelo autor deste trabalho inspirado numa reportagem do portal Moto *On-line*⁴⁵ e é descrita a seguir.

1) Pilote uma das motos da ferramenta RVA_360, a 30 ou 40 km/h em linha reta. Gire o guidão para o lado direito e você verá que ela inclinará para a esquerda. Agora empurre o guidão para o lado esquerdo e a moto vai para a direita. Não tente fazer em altas velocidades! Nesta forma forçada o movimento deve ser suave para não ocorrer a perda do controle da moto, pois ela inclinará com muito mais velocidade.⁴⁶

Aqui nessa questão o objetivo é permitir que você conheça a moto virtual, os limites de inclinação que a moto possui para que não ultrapasse o limite de segurança dos pneus (borda de ataque, limite da borracha na lateral do pneu).

As questões 2 e 3 foram adaptadas do endereço <http://faculty.bsc.edu/dpontius/ph121/classes/class18.html>. Caso tenha problema com o endereço acima, acesse uma cópia disponibilizada por aqui. <http://bit.ly/2CEQBbJ>

2) O lendário motociclista americano Robert Knievel, certamente o mais conhecido piloto de saltos com motos potentes, tentou mais um recorde no estádio de Wembley (Londres) diante de 90 mil pessoas. Veja a Figura 34 abaixo, e reproduza o salto nas montanhas do cenário da ferramenta RVA_360 e justifique a sua resposta sobre o que ocorre com a motocicleta em pleno salto, quando o piloto acelera o motor fazendo a roda de trás girar mais rápido?

- a) Ela se move mais rápida pelo ar
- b) A frente sobe “mantendo-se empinada”
- c) A frente tende cair
- d) Vira para a esquerda
- e) Vira para a direita
- f) Nenhuma das opções acima

⁴⁵ <http://www.motonline.com.br/noticia/contra-esterco-efeito-giroscopico-dominio-nas-curvas/>

⁴⁶ <http://bit.ly/2Sgezws> (cópia da reportagem utilizada para criar a questão 01)

Figura 34 - Robert Knievel (Wembley)



Fonte: <http://evelknievel.com/the-man/> (2018)

Resposta da segunda questão:

A opção correta é a letra b. O momento angular total do sistema piloto/motocicleta deve permanecer constante enquanto estiver no ar, já que a gravidade é a única força atuando sobre eles, e não exerce nenhum torque sobre seu centro de massa. Uma roda de motocicleta gira com seu vetor de velocidade angular (e momento angular) apontado para a esquerda do motociclista. Se esse momento angular aumenta com a aceleração do motor, alguma outra parte do sistema piloto/motocicleta deve adquirir um vetor de momento angular na outra direção. Assim, a motocicleta em geral gira na direção oposta à da roda.

A justificativa pode ser dada com outras palavras, mas sem contrariar a fundamentação das grandezas físicas envolvidas. Se você é aluno discuta com o seu professor e com os colegas de turma, preferencialmente manuseando a ferramenta RVA_360 em tempo real.

3) Em algumas corridas de motos, os pilotos andam sobre pequenas colinas e a motocicleta fica no ar por um curto período de tempo. Se o piloto continuar acelerando enquanto no ar a moto tende de empinar. Por quê?

Dica: Quando a motocicleta sai do chão, a roda motriz acelera, e nenhum torque externo está agindo sobre ela no ar e, então, o momento angular é conservado.

A dica acima não responde totalmente à questão, mas auxilia na construção da sua resposta dissertativa e fará com que você e os demais colegas discutam mais sobre torques, a relação com o momento angular e o seu estado de conservação.

Agora que já tem algumas questões para pensar, discutir e simular com o uso da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, passemos então

para o manuseio da mesma nas duas modalidades disponibilizadas: Semi-imersiva e imersão total com *Oculus Rift*.

6.3 Terceira parte – A Ferramenta RVA_360 – Momento Angular

O *software* educativo RVA_360, chamado por aqui simplificada de ferramenta, é o produto da pesquisa de tese aqui apresentada. A ferramenta RVA_360, está centrada nas inovações nos processos de ensino aprendizagem em ciências mediados por objetos de visualização e o uso de Realidade Virtual e Aumentada na produção dos mesmos. É oportuno salientar novamente que no capítulo 2 sobre as pesquisas e produtos desenvolvidos com Realidade Virtual e Aumentada no Brasil e no exterior, não foram encontradas ocorrências de recursos digitais para o conteúdo da Física, momento angular. E, as soluções disponibilizadas pelos grupos não remetem aos detalhes técnicos computacionais das ferramentas criadas pelos mesmos. Não foram encontradas contextualizações que elucidem suas linhas e propostas pedagógicas presentes ou que tenham apoiado as concepções de seus ferramentais. Independentemente, recomenda-se dar atenção ao que disponibilizaram por lá e até mesmo uma comparação com essa pesquisa. Observarão que o que está sendo feito por aqui vai muito além do preenchimento de uma total ausência de parâmetros para os grupos que utilizam soluções de terceiros, muitos atuam deste modo, e até auxiliará os pesquisadores dos grupos que desenvolvem/criam recursos tecnológicos digitais para o ensino de ciências e para o ensino de Física de modo mais particularizado e ressonante com essa presente pesquisa.

Continuando. A RVA_360 está alicerçada na Teoria da Carga Cognitiva (TCC), na visualização no ensino de ciências. Do ponto de vista computacional a linguagem C# (Linguagem de programação C *Sharp*), foi adotada pela plataforma de desenvolvimento de *softwares* Unity 3D. A ferramenta disponibiliza uma imersão que permite aos alunos pilotarem motocicletas e entenderem o que ocorrem com as mesmas em linha reta, nas curvas e etc. Este entendimento fluirá melhor a partir do módulo introdutório, principalmente, com o conteúdo disponibilizado no vídeo 3. Novamente, por aqui, neste capítulo, uma demonstração de uso da Teoria da Carga Cognitiva e o apoio que a mesma busca na arquitetura cognitiva humana e no modo como os seres humanos processam as informações. As nossas limitações e os cuidados com a sobrecarga cognitiva e o fato de termos que utilizar a memória de trabalho de modo mais efetivo possível devido às suas limitações, continuaram sendo observados e as recomendações contempladas na medida do possível. Certamente que as

vídeoaulas utilizadas no módulo introdutório, foram adotadas com a percepção ou observância dos estímulos visuais (item 3.1).

Questões corriqueiras como os motivos de não conseguirmos equilibrar numa moto ou bicicleta parada, mas ao entrar em movimento isso se torna é possível, foram combustíveis que alimentaram as buscas por uma ferramenta que pudesse ajudar elucidar essa e as demais questões que envolvem os veículos de duas rodas, mais especificamente o entendimento do tema principal da pesquisa.

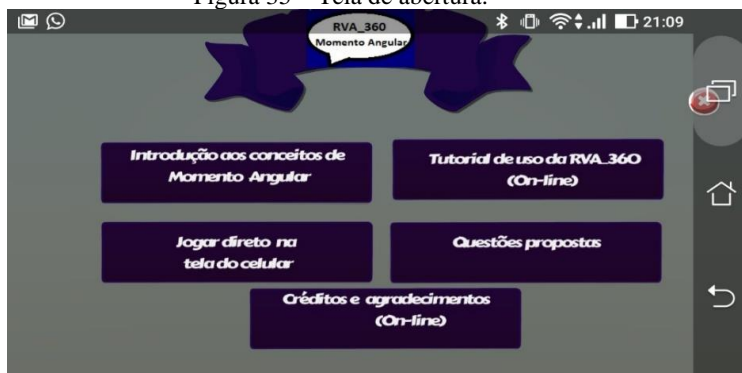
Numa prova de motovelocidade, por exemplo, os pilotos ficam deitados sobre as motos, põem os joelhos o mais próximo possível do solo, não mexem o guidão e não caem. Como isso é possível?

São questões descritas por produtos vetoriais e diversas outras grandezas que requerem abstrações altamente complexas. Muitos professores acabam não explorando o assunto e alguns se limitam às fórmulas e resoluções de exercícios. Acredita-se que para a formação de futuros engenheiros e físicos essas grandezas podem ser melhor assimiladas com a imersão utilizando a Realidade Virtual e Aumentada e os *Oculus Rift*. Também serão contempladas com máquinas (*PCs* e *notebook*) não preparadas para o uso da plataforma *Oculus* de acordo com as especificações da própria empresa, mas que possuem um mínimo de recursos de *softwares* e *hardwares* para uma semi-imersão. Falaremos mais adiante das situações e seus requisitos.

A seguir algumas Figuras elucidarão o uso e a funcionalidade básica da ferramenta *RVA_360*. **É oportuno destacar que este recurso computacional deve ser utilizado e visto em sua totalidade e não somente a partir da parte do jogo educativo, composto pelas motocicletas e os avatares.** Abaixo, apresenta-se na Figura 35, a tela de abertura e suas opções de navegabilidade. Recomenda-se iniciar pela introdução ao conceito de Momento Angular. Ao clicar aparecerá uma tela com acesso aos três vídeos (Figura 36), gentilmente cedidos pelo Professor Dr Mauro Copelli (Departamento de Física da UFPE) e em todos o usuário encontrará botões para avançar para o próximo vídeo ou retroceder, bem como para retornar a tela de abertura. Ao instalar e manusear a ferramenta recomenda-se uma atenção especial para o visual adotado na tela de abertura. Não existem cores fortes, chamativas, textos ou qualquer outro elemento desnecessário. Certamente, as recomendações da Teoria da Carga Cognitiva foram observadas na criação desta tela e navegabilidade da ferramenta como um todo. Observem que os passos são todos articulados e conectados entre si. As instruções são mínimas e as únicas que requerem mais tempo são disponibilizadas *on-line*. Recomenda-se baixá-las para as máquinas, pois

não serão consultadas o tempo todo. A referência aqui se aplica ao tutorial de uso e ao módulo de agradecimentos. Ambos disponibilizados na internet estão fora da base de dados da ferramenta e não podem e nem devem entrar no cômputo das informações que poderão gerar sobrecarga cognitiva. Abaixo a tela de abertura.

Figura 35 – Tela de abertura.



Fonte: Acervo próprio

Abaixo a Figura 36 que mostra a tela com os botões que permitem acessar a parte teórica introdutória.

Figura 36 – Introdução ao conceito de momento angular



Fonte: Acervo próprio

Ao acessar este tutorial de uso da RVA_360 presume-se que você instalou a ferramenta com êxito, talvez tenha acessado os vídeos introdutórios ou tentado utilizar a ferramenta antes de ler as instruções. Reforçamos a importância do contato prévio com a INTRODUÇÃO (Figura 35) e, então, estará apto ao manuseio da ferramenta a partir das questões sugeridas.

Finalmente, passaremos para a apresentação das funcionalidades lúdicas da ferramenta, com acesso direto pelas opções “JOGAR DIRETO NA TELA DO CELULAR” sendo essa opção para telas sensíveis ao toque presentes na maioria dos celulares *smartphones*, *tablet* e alguns computadores.

Existe uma versão da ferramenta só para celulares, cujo endereço para baixarem encontra-se no apêndice 2, assim como das demais versões imersiva e semi-imersiva da RVA_360. É possível utilizar essa opção da “tela sensível ao toque”, simplesmente passando o cursor do *mouse* nas opções que aparecem na Figura 37. No canto inferior à esquerda estão as setas de direcionamento ou sentido que a motocicleta deve seguir. No canto inferior da tela à direita estão os pedais. O menor deles faz com que o piloto ponha os pés no chão e ande para trás, e o pedal maior é o acionamento do acelerador. O ícone no alto da tela e ao centro (circunferência colorida) é o acionamento da câmera. É o que permite alterar a visão da câmera e possibilita você assumir a direção da motocicleta diretamente. A barra azul num formato de um dedal, à esquerda no alto da tela, serve para acionar as luzes e sirene da motocicleta de policial.

Tanto na tela sensível ao toque, quanto na tela com acesso via teclado do computador, você poderá controlar a velocidade a partir do velocímetro no alto a direita. É possível verificar a marcha, as rotações do motor ao acelerar e acionar efeitos de escapamento e luzes a partir do ícone abaixo do velocímetro identificado com a letra “N”. Caso resolva utilizar o jogo com tela sensível ao toque num PC ou *notebook* sem essa funcionalidade, a sua experiência semi-imersiva ocorrerá normalmente. O manuseio é feito apenas com o posicionamento do cursor do *mouse* sobre uma das seguintes opções que aparecem na Figura 37: acelerador que fica no pedal maior no canto inferior à direita; acionamento de pés no chão para trazer a motocicleta para trás com o pedal menor à esquerda do acelerador; acionar o freio com o ícone acima do pedal menor; trocar a visão da câmera através do ícone no alto acima do motociclista; efeito das luzes da motocicleta com esse ícone azul num formato de um dedal; empinar a motocicleta com o ícone no formato flecha circular e as setas

de direcionamento para esquerda ou direita logo abaixo no canto inferior esquerdo da tela (Figura 37).

Figura 37 – Jogar direto no celular ou em telas sensíveis ao toque



Fonte: Acervo próprio

Certamente, nas opções de jogo com tela sensível ao toque ou jogar direto no computador (*Pc ou notebook*) via teclados, são ações no campo da Realidade Virtual semi-imersiva. Você não estará totalmente imerso pelo fato de interagir com os avatares (piloto e motocicletas) ou assumindo a função do piloto pelo controle das câmeras, com dispositivo externo ao ambiente virtual. Este fato não tira o realismo da ferramenta, nem impedirá que você realize as questões propostas neste tutorial e outras que surgirão naturalmente com a sua prática e/ou por intermédio de questões elaboradas pelo seu professor (sendo você um aluno).

O controle e manuseio das motocicletas são feitos pelas teclas identificadas no quadro que aparece na tela da Figura 38.

Figura 38 – As funcionalidades das teclas de acionamento.



Fonte: Acervo próprio

As teclas de acionamentos são:

W → É utilizada para acelerar a motocicleta. Observe que a moto padrão utilizada pela ferramenta é a de corrida, mas você poderá optar pela moto de polícia ou pela moto de trilha.

A → Utilizada para virar o guidão da motocicleta para a esquerda. É preciso tomar cuidado com o acionamento, pois em alta velocidade as consequências serão “idênticas” às que ocorrem no mundo real (tombo e perda de controle do veículo), logicamente guardando as devidas proporções e danos.

D → Utilizada para virar o guidão da motocicleta para a direita. As mesmas observações ditas acima se aplicam por aqui.

S → É a opção utilizada para o piloto colocar os pés no chão, realizar a manobra de trazer a moto para trás.

ESPAÇO → Aciona o freio traseiro da motocicleta. Novamente é preciso tomar cuidado com as freadas bruscas em alta velocidade. Diminua a velocidade e observe em que marcha você está. A moto parada

está no neutro e aparecerá no velocímetro a letra N. À medida que ocorre o deslocamento as marchas se alteram automaticamente, porém influenciadas pela aceleração ou desaceleração determinadas pelo usuário.

C → Desempenha uma função estratégica. O acionamento da tecla C permitirá mudanças na posição da câmera da RVA_360, fazendo com que o usuário deixe de ver o piloto (avatar) e assuma o controle da motocicleta com a visão e sensações do piloto. Observe que são duas escalas de acionamentos, no primeiro toque na tecla C a câmera executará uma visão de aproximação e no toque seguinte a câmera se posicionará no capacete do avatar e, neste ponto, o usuário assume o controle da motocicleta de forma direta. É prudente alterar as câmeras após um bom domínio dos circuitos e das funcionalidades anteriores.

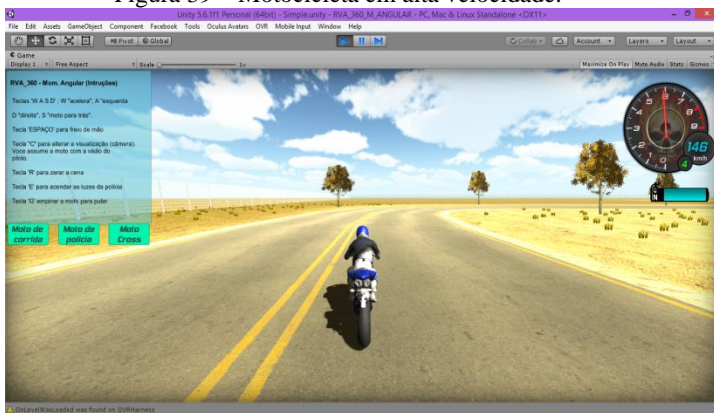
R → Serve para “zerar” a cena e conduzir o usuário para o ponto de partida. É recomendável utilizar em condições de acidentes ou manobras que você não desfizer pelos acionamentos expostos acima. É oportuno lembrar que essa opção não deve ser utilizada livremente, já que a ideia é um aprendizado pleno do funcionamento das motocicletas e uma exploração livre dos morros e pistas que a ferramenta disponibiliza.

L → Aqui está uma opção interessante para aumentar as sensações da imersão. Além do ronco dos motores, das freadas e demais emoções do motociclismo, a ferramenta RVA_360 disponibiliza o acionamento das luzes e sirene da motocicleta policial. Logicamente que numa sala de aula com outras pessoas utilizando a ferramenta em outras máquinas, deve-se optar por fones de ouvidos para melhorar a sua imersão e não atrapalhar as experiências alheias.

G → Permite um efeito de empinar ou pular da motocicleta. Novamente, aconselha-se prudência com essa opção em altas velocidades.

A Figura 39 mostra o piloto em alta velocidade, 146 km/h, que deixou as outras motocicletas para trás ou “no vácuo” como se diz popularmente nas provas de motovelocidade. Nunca é demais lembrar que as outras duas motos estão na pista e a atenção precisa ser redobrada. Alguns vídeos foram disponibilizados e inclusive auxiliarão bastante nas execuções das questões propostas, mas abordaremos este assunto mais adiante.

Figura 39 – Motocicleta em alta velocidade.



Fonte: Acervo próprio

Figura 40: RVA_360 – semi-imersiva na versão final otimizada



Fonte: Acervo próprio

A Figura 40 apresenta a versão final da ferramenta, onde poderão observar que as questões práticas são chamadas diretamente na parte semi-imersiva (no topo/viaduto). No ítem 6.5.1, aparecerá um ponteiro (*link*) para um vídeo demonstrativo da versão final da ferramenta, onde se relata detalhadamente a importância dos três modelos de motocicletas que a ferramenta disponibiliza, bem como as telas com as três questões práticas.

6.4 O USO DA FERRAMENTA RVA_360 COM *OCULUS RIFT* – IMERSÃO TOTAL

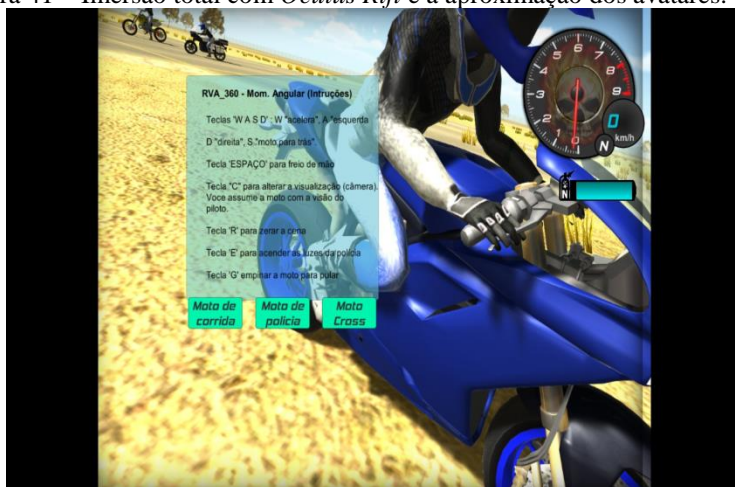
A ferramenta *RVA_360*, será disponibilizada via pasta compartilhada ao usuário ou leitor desta pesquisa que requisitá-la junto ao autor ou acessá-las diretamente pelos *links* do formulário de avaliação (apêndice 2) que aparecerão mais abaixo, e, então, terão acesso às duas modalidades de uso (imersiva e semi-imersiva) para diversas plataformas, inclusive celulares com sistema operacional *Android*. Em todas versões encontrarão manual e/ou vídeos com os passos das instalações e manuseio da ferramenta. Os passos anteriores deste capítulo dizem respeito à semi-imersão, uso direto com computadores *desktop*, *PCs* ou *notebooks* que não possuem a plataforma *Oculus Rift* instalada/disponibilizada para uso. Caso o usuário tenha o visualizador de realidade virtual *Oculus Rift CV1* ou uma outra versão deste visualizador (*DK1*, *DK2*, *bundle* ou *oculus go*), basta seguir as instruções do manual e instalar as duas versões da *RVA_360*. Acredita-se que a maioria dos usuários adotarão a versão semi-imersiva, mas caso disponham de um computador preparado para Realidade Virtual e Aumentada e possuam um dos modelos de *Oculus Rift* listados acima, estarão a um passo da imersão total ofertada pela ferramenta.

Os usuários do *Oculus Rift* deverão instalar as duas versões, pois a imersão total ocorre diretamente na parte prática da ferramenta. Isso significa dizer que não terão como acessar os vídeos dos conceitos introdutórios sobre momento angular e nem terão a tela de abertura que aparece na Figura 35. A imersão total é feita a partir do ambiente virtual da ferramenta, que são as pistas, morros e as motocicletas. É para lá que o usuário é conduzido e, por estar totalmente imerso, resolverá as questões propostas com um realismo excepcional. Não poderão utilizar os *joyticks* que acompanham o *Oculus Rift*, já que se trata de “serious game” jogo educativo preparado para este visualizador, mas que está com acesso externo e não na biblioteca da plataforma. Essas explicações são “corriqueiras” para os usuários deste visualizador de *RVA*, mas qualquer iniciante poderá utilizar a ferramenta.

Observe que ao instalar a ferramenta *RVA_360-OculusRift*, com a máquina preparada como dito acima e usuário cadastrado na plataforma *Oculus* (procedimento normal para quem utiliza *Oculus Rift*), bastará um clique duplo para que inicie a imersão. Lembrando mais uma vez que todo o manuseio será feito pelo teclado e deste modo é indicado ter familiaridade com as teclas de acionamentos da ferramenta apresentadas no item 6.3 acima, pois estando totalmente imerso sentirá dificuldades

para navegar sem ter tido um contato prévio com as funcionalidades da ferramenta. Podendo contar com um auxílio de outra pessoa e, então, a experiência de imersão ocorrerá de forma intensa. A visão da tela do computador é praticamente a mesma para quem está com o *Oculus Rift* e a pessoa que manuseia as teclas de acionamentos da ferramenta via teclado. O que difere é que o visualizador de RVA conduzirá o usuário para o mundo virtual e este não terá a tela de instruções com as teclas de acionamentos, assim como ocorre na semi-imersão. Vejam as Figuras 41 e 42, onde o autor deste trabalho utilizou um *Oculus Rift* e ao mesmo tempo manuseou o teclado. Logicamente as dificuldades foram mínimas pela experiência de uso e por ter sido o criador da ferramenta. As únicas preocupações ficaram por conta das capturas de tela e pela filmagem em tempo real.

Figura 41 – Imersão total com *Oculus Rift* e a aproximação dos avatares.



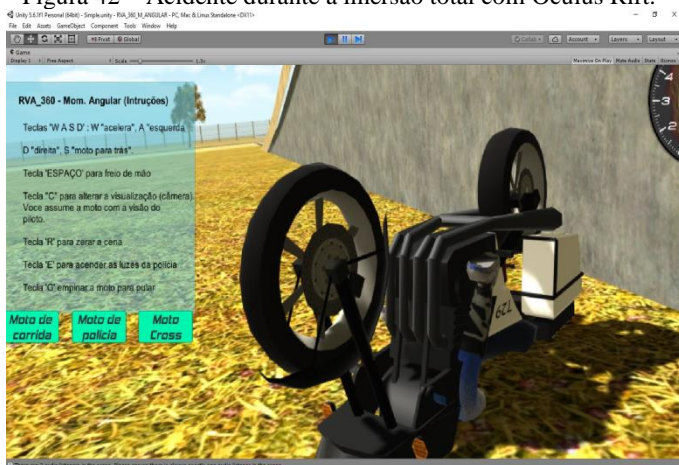
Fonte: Acervo próprio

A Figura 41 acima reproduz uma cena da imersão total, mas é conveniente destacar que essa tela de opções de motocicletas e as teclas de acionamentos não são visíveis para o utilizador do *Oculus Rift*. Essa tela só fica visível para os que estiverem acompanhando a imersão em tempo real pela tela do computador, mesmo assim sem nenhuma chance de interagir, acionar teclas, finalizar a ferramenta e etc, pois o controle é todo feito através da plataforma *oculus*. Eis o grande e importante motivo

de se conseguir executar a versão com imersão total, a partir do visualizador de RV instalado e o usuário com cadastro feito e liberado pela plataforma *Oculus*. A ferramenta *RVA_360* é acessada externamente e com *plugin* da plataforma, do mesmo jeito que qualquer *software* disponibilizado no *play store Oculus*. Essa interação e manuseio como um *game* nativo do *Oculus Rift* só é possível graças à integração realizada via plataforma *Unity 3D*. É possível ter uma versão de um *game* ou recurso computacional feito em *RVA* e que funcione ou “rode” some na plataforma *Macintosh* (computadores da *Apple* com o sistema operacional *IOS*), desde que seja uma versão semi-imersiva. Para imersão total, a versão da ferramenta ou recurso computacional, terá que ser desenvolvida, programada, para o sistema operacional *Windows* ou *Linux*. Este fato decorre do visualizador de RV, *Oculus Rift*, não possuir *plugins* para computadores *Macintosh/Apple*.

Reforço que a imagem acima é impossível de se conseguir na forma semi-imersiva. Neste caso, o autor da ferramenta *RVA_360* operou os avatares, piloto e moto, na terceira pessoa, mas é possível utilizar as passagens de câmeras através da tecla C como dito na apresentação semi-imersiva, podendo inclusive “zerar” a cena através da tecla R para reverter um acidente como o que aparece na Figura 42 abaixo. Observe que a motocicleta do policial ficou com as duas rodas para cima e o único modo de desfazer o acidente é zerando a cena. Por se tratar de uma imersão total, as sensações e as percepções são altamente realísticas. Independentemente de o leitor desta pesquisa ter um *Oculus Rift* instalado e em uso na sua máquina, valerá a pena assistir os vídeos demonstrativos postados de modo fechado no *Youtube* e com os *links* disponibilizados abaixo. Trata-se de demonstrações feitas para os usuários da ferramenta e só estes terão acesso aos mesmos. Solicita-se o não compartilhamento dos *links* dos vídeos e muito menos baixá-los para postagem em canais próprios. A ideia de uso não é comercial e sim totalmente educacional. Acredita-se que os que tiveram ou terão oportunidade de ler este trabalho, são professores, pesquisadores e alunos com interesse direto no assunto e isso os credenciam como potenciais utilizadores da ferramenta *RVA_360*.

Figura 42 – Acidente durante a imersão total com Oculus Rift.



Fonte: Acervo próprio

6.5 RVA_360 – *Links* e especificações técnicas

Vejam os alguns dados sobre os requisitos de máquinas para ambas versões da ferramenta e a disponibilização de *links* de vídeos não-listados. Volta-se a destacar que essas demonstrações são exclusivas para quem instalou a ferramenta RVA_360. Solicita-se encarecidamente o não compartilhamento dos mesmos, pois a intenção é de uso privado e direcionado, mesmo sendo um *software* educativo totalmente gratuito. O acesso aos vídeos sem a ferramenta instalada, sem a devida noção dos propósitos da mesma ficará sem sentido. Além disso, será mais um canal de comunicação entre o desenvolvedor deste recurso computacional e seus usuários. Podem baixar os vídeos para as suas máquinas, usá-los em aulas livremente, mas pede-se gentilmente que não publiquem nas suas redes sociais ou *blogs* e não compartilhem.

6.5.1 RVA_360 Semi-imersiva (PCs ou Notebooks)

Para aproveitar a ferramenta ao máximo, ter um bom desempenho das motocicletas e atingir altas velocidades, recomenda-se minimamente as seguintes configurações:

Sistema operacional *Windows* ou *Linux*

6 GB de RAM

Processador *CORE i5*

Placa de vídeo pode ser a mesma que vem de fábrica, pois todas as máquinas com essas configurações possuem uma placa de vídeo de boa qualidade.

Certamente, configurações superiores aumentarão a eficiência da ferramenta e os efeitos realísticos, obtendo-se uma semi-imersão altamente positiva. O vídeo abaixo foi feito com um *notebook* com as configurações acima. Máquinas inferiores até conseguem rodar a ferramenta, porém levará mais tempo para atingir altas velocidades e os efeitos gráficos serão sentidos com toda certeza. O jogo é em tempo real, não existem fases ou tempo determinado de uso. Como já foi dito no início deste capítulo, não se trata de um jogo com fases, mortes de avatares, pontuações e etc. São atividades com o uso de motocicletas e as grandezas físicas, muito particularmente as questões que envolvem momento angular.

Aqui poderão verificar um vídeo não-listado publicado no *Youtube*, basta segurar a tecla Ctrl (*control*) da sua máquina e clicar para abri-lo: [RVA_360 – SEMI-IMERSIVA](#)

Disponibilizou-se um vídeo com a versão final otimizada da ferramenta, mas fez-se questão de deixar os estágios anteriores para que os leitores e futuros usuários soubessem os caminhos percorridos até a versão final atual. Na fase de testes e ajustes da primeira versão, observou-se que a parte prática estava um tanto quanto desconectada das questões teóricas propostas. A solução dada (Figura 40) foi criar cenas que permitissem as chamadas das questões na tela onde ocorre a semi-imersão durante o manuseio das motocicletas. Além disso, a disponibilização dos três modelos de motos ficou melhor compreendida, já que cada questão requer um tipo de moto e as explicações e detalhes podem ser vistos no vídeo disponibilizado neste *hiperlink*: [RVA_360 – SEMI-IMERSIVA NA VERSÃO FINAL OTIMIZADA.](#)

6.5.2 RVA_360 Semi-imersiva (PCS ou Notebooks) com telas sensíveis ao toque (Touch Screen)

Aqui poderão verificar um vídeo não-listado publicado no *Youtube*, basta segurar a tecla Ctrl (*control*) da sua máquina e clicar para abri-lo: [RVA_360 - SEMI-IMERSIVA COM TELA TOUCH SCREEN](#)

6.5.3 RVA_360 Imersão total com *Oculus Rift*

A instalação do visualizador de Realidade Virtual e Aumentada (RVA), *Oculus Rift*, em qualquer uma das diversas versões (DK1, DK2, *Bundle*, CV1 ou *Oculus GO*), exige máquinas preparadas para *games* e

RVA. A empresa detentora da patente *Oculus*, comprada pelo *Facebook*, disponibiliza um *link* para teste de compatibilidade de máquinas com o *Oculus Rift*. É fundamental verificar se a sua máquina suporta este visualizador de RVA ou se necessitará de uma máquina nova ou *upgrade* de *hardwares*. O endereço de testes e recomendações encontra-se no apêndice 3 desta pesquisa.

Abaixo algumas demonstrações de uso da RVA_360 com *Oculus Rift CV1*. Lembro que o vídeo foi capturado diretamente na tela do PC em tempo de execução. A visão do usuário com o *Oculus Rift* é diferente da que aparece no vídeo, pois o mesmo estará totalmente imerso e se deslocará pelo ambiente virtual da RVA_360. Como já foi dito, nem mesmo a tela com os acionamentos fica disponível. O que aparece nos vídeos são cenas capturadas na saída de tela do computador, mas servirá para terem uma percepção do que acontece, inclusive com um certo grau de surpresa deste autor. A seguir algumas demonstrações, para isso clique nos endereços disponibilizados nas palavras sublinhadas:

RVA_360 – Imersão total com Oculus Rift CV1: [Primeira demonstração](#)

RVA_360 – Imersão total com Oculus Rift CV1: [Segunda demonstração](#)

RVA_360 – Imersão total com Oculus Rift CV1 e as três motos simultaneamente: [Terceira demonstração](#)

Essa terceira demonstração requer muita experiência do usuário. Vejam a quantidade de acidentes, mesmo com toda prática e conhecimento da ferramenta do autor. Caso tenha instalado as duas versões para *Oculus Rift*, é prudente utilizar a mais simples e dominar bem as motocicletas.

Quem desejar receber os *links* para *download* da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, nas versões semi-imersiva (para computadores com sistemas operacionais *Windows* ou *Linux*) e imersão total (para usuários que possuem o visualizador de RV - *Oculus Rift* e um PC ou *notebook* habilitado para uso da plataforma *oculus*), deverá contatar o autor pelo e-mail (prof.carlosfranca@gmail.com).

6.6 – O processo de validação e reconhecimento da ferramenta pelos pares

Um dos maiores desafios dos que desenvolvem recursos computacionais educacionais consiste tanto na aceitação dos professores ou do público alvo como o alcance dos objetivos de aprendizagem almejados. Por se tratar de uma ferramenta sem fins lucrativos ou objetivos comerciais, a validação da mesma se daria a partir da aceitação

dos pares, ou seja, professores especialistas no ensino de física básica onde normalmente se aborda o tema momento angular e outras grandezas que compõem o campo de aplicação que foi pensado e concebido para o objeto de visualização denominado RVA_360-Momento Angular.

Uma estratégia de apresentação da ferramenta nas versões ditas acima e na versão para usuários *Apple (Macbook e Ipad)*, cuja produção se deu exatamente pela demanda de uso de um professor que muito nos auxiliou na criação da ferramenta. Para atendê-lo e ao demais que não utilizam máquinas com a plataforma *Windows*, criou-se um *pluging web* para uso exclusivo da ferramenta com o *browser* de internet chamado *Firefox*. A escolha deste navegador foi condicionada à plataforma de desenvolvimento adotada, *Unity 3D*, e não por outro motivo ou preferência do autor. Este nível de informação pode parecer desnecessário, mas são essenciais para os desenvolvedores que adotarem esta pesquisa como fonte de consulta nos processos de criação de recursos computacionais que utilizam Realidade Virtual e Aumentada. Em virtude de uma escassez de informações técnicas das ferramentas analisadas antes e durante o processo de criação da RVA_360 buscou-se o tempo todo aprender com os erros e acertos dos grupos que atuam na área, mas infelizmente essas informações não são socializadas e o autor desta pesquisa resolveu deixar para os próximos o que gostaria de ter encontrado, sem ter que partir do ponto zero em diversos aspectos. Voltando ao início deste parágrafo, a estratégia de divulgação adotada foi por meio de um questionário, onde além das questões propostas aos especialistas, disponibilizou-se os *links* para *download* das versões e vídeos com instruções de manuseio e instalação da ferramenta.

O questionário pode ser lido na íntegra no Apêndice 02 foi disponibilizado via *Google Docs* e o endereço eletrônico foi enviado por e-mail a professores de física e para alguns que atuam com desenvolvimento de *softwares*, principalmente, jogos concebidos em Realidade Virtual e Aumentada (RVA). A fase de validação iniciou-se no dia 4 de outubro de 2018 e ficou disponível até o final de janeiro de 2019.

Importante destacar que a validação da ferramenta RVA_360 – Momento Angular, depende de um engajamento dos professores especialistas. É preciso realizar o procedimento de instalação da ferramenta, verificação do conteúdo teórico introdutório de momento angular, manuseio das motocicletas realísticas de modo semi-imersivo ou com imersão total para os que possuem o visualizador de Realidade Virtual “*Oculus Rift*”. Percebe-se que não se trata de um simples preenchimento de questionários e que demanda tempo e conhecimentos

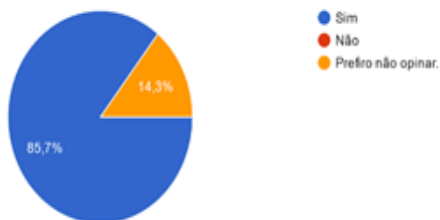
básicos computacionais. Algumas respostas já chegaram e estão abaixo no próximo item deste capítulo.

6.7 – Consulta a especialistas sobre a ferramenta RVA_360 – Momento Angular

Durante os 4 meses de validação da ferramenta nove (9) professores responderam espontaneamente ao questionário. Deste quantitativo 55,6% nunca utilizaram recursos digitais com Realidade Virtual e Aumentada em suas aulas. A seguir cada professor especialista será identificado como E1 a E9.

Sete professores informam que para ensinar o conceito de momento angular já utilizaram softwares educativos, vídeos, applets, figuras, base rotativa, aro de bicicleta/giroscópio. Quando questionados se acreditam que o uso destes recursos melhora a compreensão, a grande maioria, 85,7% disse que sim. Veja o Gráfico 1.

Gráfico 1 – O uso de objetos de visualização



Fonte: Questionário de validação

Um outro ponto de extrema importância para a avaliação foi verificar como os especialistas perceberam o conteúdo introdutório sobre momento angular disponibilizado pela ferramenta. Ao questioná-los se o material seria suficiente para que o aluno tivesse entendimento do conteúdo abordado, se estaria apto para utilizar a ferramenta nas resoluções das questões propostas, obtivemos os seguintes retornos:

E1: Acho que sim, mas poderia ser algo mais completo ainda.

E2: Concordo.

E3: Acredito que sim, pois além de apresentar os conceitos, a forma lúdica da ferramenta através de jogo com realidade aumentada/virtual vai permitir

que os alunos experienciem na prática a física aprendida, de maneira a ser vivenciada.

E4: Depende do nível de ensino, para um curso superior creio que sim, para nível secundário, os termos utilizados como vetores e derivadas não estão adequados.

E5: Sim, pois está claro e objetivo.

E6: Eu não assisti os vídeos até o fim. Acredito que o material é uma ótima ferramenta para o aluno ter contato com o assunto por conta própria. Mas é preciso dedicar mais tempo para um entendimento aprofundado e fixação.

E7: Assunto bem abstrato, o tutorial contribui para compreensão básica, necessário, porém não suficiente.

E8: Sim. O conteúdo está bem apresentado, de forma sucinta, mas contendo o suficiente para discutir o assunto.

E9: Acho que isso depende da turma, ou seja, do contexto, mais pela minha experiência acho que poderia explicar mais.

Ao serem indagados em relação ao uso da ferramenta, navegabilidade, visibilidade, facilidade de entendimento e direcionamentos dos atalhos que permitem alternar amigavelmente entre os módulos ou avançar e retroceder nas funcionalidades da tela que está em uso, os especialistas tiveram as seguintes percepções:

E1: Sim.

E2: Acredito.

E3: Sim. É possível entender a jogabilidade com as instruções apresentadas, principalmente pelos comandos serem apresentados de maneira clara e pelo uso das teclas escolhidas refletirem as escolhas dos cotidianos dos jogos que exprimem movimento e direção.

E4: Sim, embora o tempo de resposta aos comandos é lento.

E5: Sim, pois está bem claro.

E6: Está ok. Sugestão de usar as setas do teclado como comando da motocicleta. Uma sugestão de manter a velocidade da moto quando nenhuma tecla estiver pressionada.

E7: Sim, em termos, pois não tenho habilidade para explorar o potencial da "ferramenta", mas parece

pronto para disponibilizar e colher sugestões dos mais peritos em jogos, com aprendizagem em sintonia.

E8: Sim, foi fácil.

E9: Sim, é possível ir e voltar aos *links* de forma fácil e as Figuras são suficientes para entender o problema e utilização dos conceitos.

Uma outra interação com os especialistas e que julgamos de extrema importância, diz respeito à opinião dos mesmos sobre as funcionalidades da ferramenta que auxiliam na imersão do usuário. A utilização da Realidade Virtual e Aumentada só se justifica se proporcionar uma imersão total ou parcial do utilizador. Para que isso ocorra, além da disponibilização da ferramenta para diversas plataformas, o desenvolvedor necessita garantir o realismo dos avatares envolvidos. A ferramenta RVA_360 é composta por motocicletas realísticas e, por isso, mesmo os barulhos dos motores dos três modelos precisam ser diferenciados. O piloto virtual, que também é um avatar importante, precisa ter o mínimo de interatividade com o usuário e, isso ocorre na ferramenta podendo até mesmo por os pés no chão, se levantar rapidamente nas quedas e etc. A leitura dessas funcionalidades por parte dos especialistas constituiu um *feedback* muito importante e que de certa forma validou nossos esforços em ofertar elementos que pudessem permitir a imersão e conduzir o usuário para o cenário e, assim, atingir os objetivos almejados com engajamento do mesmo nas tarefas propostas. Vejam o que os especialistas disseram sobre as funcionalidades implementadas na ferramenta e o grau de interatividade das mesmas.

E1: Perfeito.

E2: Vejo e gostei muito

E3: Em se tratando de exprimir realidades, são itens que precisam fazer parte para proporcionar imersão ao jogador.

E4: Compatível com o objetivo de Realidade Virtual, por exemplo, sem som ficaria muito estranho.

E5: Bem interessantes.

E6: Legal, mas não vi o colocar os pés no chão.

E7: São elementos que contribuem para provocar mais interesse, imersão e intensidade/jogo no "piloto".

E8: Não pude avaliar, pois meu computador não tem placa de vídeo, logo ficou praticamente impossível controlar a moto.

E9: Poderia melhorar o áudio pois em certos momentos não é possível escutar as explicações.

Ao serem perguntados sobre as contribuições da ferramenta RVA_360 para o ensino e aprendizagem do tema, os especialistas demonstraram apoio à iniciativa e elencaram alguns aspectos compartilhados abaixo. Observem que somente 7 especialistas opinaram, mas assim como a participação na avaliação, as questões não foram obrigatórias e poderiam deixar em branco ou responder de modo sucinto se assim desejassem. Vejamos as respostas recebidas em relação aos benefícios/contribuições da ferramenta.

E1: Maior atenção por parte dos alunos, maior facilidade de treinamento inclusive de novos professores de física, além de contribuir para o imaginário de ideias para dinamizar o ensino de física em escolas e universidades.

E2: Associação entre os conceitos teóricos e situações reais vivenciadas pelos alunos, simuladas através do *software*.

E3: Facilitar a compreensão de conceitos.

E4: Ajuda na visualização do problema, utilizando um exemplo prático para isto.

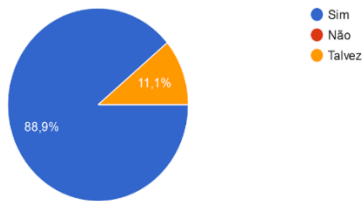
E5: Um instrumento valioso para trabalho docente com estudantes de graduação e do ensino médio, articulado com mediações e problematização das grandezas físicas e incontáveis aplicações na natureza bruta e transformada - no caso Motos e TDIC.

E6: Cria um ambiente virtual de experimentação, não tão efetivo quanto um ambiente real, mas seguramente de mais fácil controle e aplicação. Contudo, a necessidade de uma placa de vídeo para rodar efetivamente o programa é um limitador, principalmente ao se considerar instituições de ensino com poucos recursos.

E7: Atualmente o uso da tecnologia é uma realidade, mas os professores não a utilizam o fato de ter este tipo de ferramentas faz com que o aluno se interesse e possa ver um conteúdo que é abstrato.

Ao serem indagados se indicariam ou adotariam a ferramenta RVA_360 – Momento Angular, todos os especialistas responderam. Dos 9 participantes, 88,9% disseram que indicariam ou adotariam a ferramenta, 11,1% disseram que talvez e nenhum disse que não indicaria ou adotaria a ferramenta. Este retorno dos especialistas se encontra no Gráfico 2. O questionário utilizado nessa avaliação está no apêndice 2 mais adiante, bem como os atalhos para baixarem as versões da RVA_360.

Gráfico 2 - Adoção ou recomendação da ferramenta segundo os especialistas.



Fonte: Questionário de validação

CONSIDERAÇÕES

O grande desafio, além de contextualizar e demonstrar o estado da arte das ferramentas e grupos de pesquisa que se dedicam à criação e aplicabilidades dos recursos computacionais, feitos e pensados em Realidade Virtual e Aumentada com foco no ensino, consistia em pesquisar os referenciais teóricos utilizados pelos mesmos. Estes foram os fatores impulsionadores que conduziram a compilação do capítulo 2 dessa pesquisa. Foi extremamente importante conhecer e socializar as ferramentas que emergem das universidades brasileiras e do exterior, pois seriam os aspectos técnicos computacionais e as abordagens pedagógicas que norteariam a concepção do nosso objeto de visualização e a pesquisa como um todo.

A falta de disponibilização das etapas de criação das ferramentas desenvolvidas pelos grupos que se dedicam ao uso da Realidade Virtual e Aumentada nos processos de ensino-aprendizagem em física, se configurou no quanto que teríamos que agir diferentemente. Estatisticamente falando, a ausência de dados precisou ser encarada como um resultado ou constatação tão importante quanto a localização de informações em grande número.

Ao decidirmos pelos aportes teóricos da Visualização e da Teoria da Carga Cognitiva, fizemos com uma grande expectativa de que as mesmas dariam a base necessária para demonstrar **“O Potencial da Realidade Virtual e Aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de Física”**. O fato de não termos encontrado nada que nos apontasse para caminhos alternativos ou que demonstrassem, contextualizadamente, que os rumos que traçamos estavam equivocados ou dificultariam a obtenção das respostas aos objetivos elencados, nos impulsionaram a seguir adiante.

Com a linha investigativa definida, o foco voltou-se para o problema de pesquisa: **De que forma a Teoria da Carga Cognitiva e as perspectivas da visualização contribuem na elaboração de um recurso digital gerado com Realidade Virtual e Aumentada imersiva para o processo de ensino-aprendizagem de momento angular?** Pois bem. A pergunta que moveu essa pesquisa, além de inédita e pioneira conforme a literatura que utilizamos e os levantamentos que disponibilizamos no capítulo 2, tinha que ser respondida com uma ferramenta que pudesse dar conta do que propusemos de modo geral e, especificamente, no capítulo 1(itens 1.3 a 1.5).

As questões que precisavam de respostas, neste momento, são voltadas para o que foi feito? E como foi que agimos para cumprir o que essa pesquisa propôs desde início? Vejamos:

O nosso objetivo geral: **Contribuir com as inovações no campo dos processos de ensino-aprendizagem de Física. Produzir uma ferramenta computacional lúdica sobre momento angular que permita a interação dos alunos com este conteúdo pela via de aplicações orientadas por professores do ensino superior. Para tal, utilizar-se-á das prerrogativas da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e da visualização através de experimentos reais e virtuais mediados por recursos digitais criados com a Realidade Virtual e Aumentada imersiva.**

O objetivo foi alcançado e contou-se com uma consulta que obteve resposta de 9 especialistas em Ensino de Física (capítulo 6, item 6.7). Todos lecionam momento angular ou lecionaram em alguma época, adotaram diversos objetos de visualização para ministrar o referido conteúdo. Eles instalaram a versão semi-imersiva da RVA_360, manusearam a ferramenta e analisaram os aspectos dos módulos e funcionalidades que a mesma oportuniza aos seus usuários. Deste montante, 5 disseram que nunca utilizaram recursos digitais com Realidade Virtual e Aumentada em suas aulas. Outro ponto interessante ficou por conta de que 7 professores especialistas já utilizaram *softwares* educativos, *applets*, base rotativa, aro de bicicleta/giroscópio, imagens ou vídeos como objetos de visualização. Este fato retrata o quanto que os mesmos estão em busca de inovações no campo dos processos de ensino-aprendizagem de Física e, por este motivo, as respostas dos mesmos sobre a **ferramenta RVA-360**, foram bastante significativas. Vejamos outras respostas e o quanto que as mesmas apontam para as validações dos objetivos dessa pesquisa.

Ao serem apresentados às categorias de análise da ferramenta (navegabilidade, visibilidade, facilidade, engajamento e interatividade), as interpretações dos respondentes foram diversas, distintas e, provavelmente, dadas a partir das experiências dos mesmos com o uso e manuseio de computadores. A nossa intenção era verificar se os recursos disponibilizados na ferramenta qualificariam a mesma como instrumento de auxílio na superação das dificuldades de aprendizagem subjacentes ao tema momento angular, com a disponibilização de um objeto de visualização imersivo e que explora ambientes tridimensionais. Novamente os “feedbacks” recebidos foram altamente positivos. Os 9 especialistas concordaram. Essa aceitação nos indica que os meios disponibilizados na ferramenta para a discussão do tema utilizando-se de

algumas questões propostas, foram entendidos e bem recebidos pelos professores. São estes que conduzirão os usuários (alunos) ao uso eficiente da ferramenta e, conseqüentemente, no envolvimento das questões que trabalham os fenômenos naturais com os recursos do ambiente virtual em 3D que a ferramenta faculta aos usuários. Eis mais um objetivo específico alcançado, ou bem encaminhado, pelo fato de não termos submetido a ferramenta aos alunos com a intenção de analisá-los ou medir o grau de compreensão, aceitação e outros aspectos deste público. O foco foi restrito aos especialistas e os retornos foram expressivos.

No que diz respeito ao grau de interatividade e recursos da RVA_360 que auxiliam na imersão total ou semi-imersão dos usuários, 7 responderam que gostaram, aprovaram e entenderam o uso das motocicletas realísticas, bem como do avatar piloto da moto, que pode e deve ser personificado pelo usuário durante a parte prática. Isso significa dizer que o aluno ou qualquer outro usuário precisa alterar as câmeras e assumir o controle virtual das motos. Isso foi bem percebido pelos 7 especialistas. Em relação aos outros dois especialistas, um disse que não conseguiu testar a semi-imersão por problemas com a placa de vídeo do seu computador, e o outro especialista questionou a qualidade do som. Interessante por se tratar de situações esperadas no uso de recursos digitais feitos com Realidade Virtual e Aumentada, ainda mais o uso dos referenciais teóricos adotados, Teoria da Carga Cognitiva e Visualização. Realmente, em alguns momentos da ferramenta, priorizou-se mais os estímulos visuais em detrimento dos estímulos auditivos, mas isso foi fundamentado no item 3.1, dedicado à TCC. Certamente que este especialista deveria ter utilizado fones de ouvido para melhorar a imersão. Este é o motivo trabalhado para que os ruídos da ferramenta não fossem intensificados e confrontados com os sons externos ou ambiente. O baixo volume induz o usuário ao uso de fones em momentos específicos e com isso a imersão se desencadeia sem o que mesmo perceba tal intenção.

Finalmente, ao serem perguntados se adotariam ou indicariam a ferramenta, 8 professores especialistas disseram que sim e apenas 1 respondeu talvez. Nenhum desaprovou a ferramenta e torna-se razoável inferir que a mesma foi aceita pelos pares e os objetivos gerais e específicos alcançados.

Em relação às hipóteses dessa pesquisa:

H1-É possível aproveitar o potencial dos recursos computacionais e tecnológicos das áreas da Realidade Virtual e Aumentada (RVA), nos processos de ensino aprendizagem em ciências, enfatizando a aprendizagem em física.

Por tudo que foi disponibilizado no capítulo 2, relativo aos grupos de pesquisa em RVA das universidades brasileiras e do exterior; pelo que proporciona a ferramenta RVA_360, e isso dito por professores de ensino superior e especialistas em Física, essa hipótese foi corroborada.

H2-A utilização dos objetos de visualização oportuniza uma melhor assimilação dos fundamentos teóricos e práticos das ciências, quando são adotados os principais aspectos e pressupostos preconizados pela Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Estes e outros suportes teóricos ratificam e ancoram a utilização de recursos computacionais tecnológicos nos processos de ensino aprendizagem.

Essa hipótese pode ser vista e entendida como respondida parcialmente. Talvez eu tenha falhado na condução da pesquisa com os especialistas. Não foram feitas perguntas que pudessem gerar respostas que corroborassem a utilização dos referencias teóricos de modo incisivo. Mesmo após tudo que foi exposto nessa pesquisa, eu não conseguiria responder se é possível medir e garantir que o efeito tal só ocorreu pela observância da Teoria da Carga Cognitiva ou da Visualização. Entendo e estou convicto que criei os módulos com os princípios da TCC, principalmente, em relação à busca do gerenciamento das cargas intrínsecas e estranha. Assim como também entendo que as perguntas feitas aos especialistas permitiram avaliar a adequação do modo de exposição do conteúdo, momento angular, e o quanto que os efeitos auxiliaram ou não, o alcance dos objetivos de ensino. Penso que essa hipótese não foi totalmente corroborada, mas não a vejo como algo que deva ser refutado ou descartado. Este pode ser o foco de desdobramentos deste trabalho.

H3-A utilização de objetos de visualização, vídeo 360 graus integrados com a RVA de forma mais específica e inédita, contribuirá com as práticas docentes no ensino superior e com a aprendizagem dos graduandos nas aulas de Física.

Sem nenhuma pretensão que não seja a de contribuir acadêmica e cientificamente, digo com toda convicção que essa hipótese foi corroborada pelos envolvidos na imersão total que a ferramenta RVA_360 proporciona com o visualizador *Oculus Rift*. Essa experiência não deixa dúvida dos êxitos e possíveis ganhos a serem obtidos com a versão imersiva da nossa ferramenta.

Para finalizar, vale ressaltar que as dificuldades técnicas de uso da ferramenta, possivelmente, ocorrerão por conta da falta de computadores com um bom potencial computacional, configurações de acordo com as recomendações dos fabricantes do visualizador de RV, *Oculus Rift*, e também pelas exigências de processamento da versão semi-imersiva da ferramenta. O desempenho computacional fará toda a diferença, influenciará na velocidade e manobras das motocicletas e por mais que se tente diminuir as exigências de máquinas preparadas para RVA, sabe-se que essa é a realidade dessa área computacional chamada Realidade Virtual e Aumentada, com potencial enorme para a área de ensino, mas que ainda é uma tecnologia relativamente cara. Os resultados são animadores e espera-se ter passado uma ideia geral nesta parte da tese que se encerra.

PROJETOS FUTUROS

Os indicadores de uso e o potencial a ser explorado deixaram claro que ainda há muitos desdobramentos para a **RVA_360-Momento Angular**. É intenção do autor implantar um projeto de uso da ferramenta que envolva alunos dos ensinos médio e superior, principalmente os que cursam bacharelado e licenciatura em Física e Engenharias. Acredita-se que serão necessários ajustes e até mesmo explorar alguns potenciais da ferramenta que surgirão após o uso incessante da mesma.

Pretende-se conseguir financiamento para adquirir os equipamentos utilizados no módulo imersivo, *Oculus Rift* e um computador preparado para a Realidade Virtual e Aumentada (RVA), já que futuras melhorias da ferramenta implicarão em ajustes na programação e espera-se que isso seja feito com equipamentos comprados para este fim.

Uma outra ação que já está sendo trabalhada pelo autor e outros pesquisadores da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Chapecó/SC, diz respeito ao uso das novas tecnologias nos processos de ensino-aprendizagem na área da saúde, mais especificamente na Medicina. Essa nova ação surgiu a partir dos resultados obtidos nessa pesquisa de tese. O entusiasmo e a determinação do autor pelo potencial da RVA no ensino têm sensibilizado e mobilizado outros professores da UFFS e de outras instituições. Espera-se que seja criado um grupo de pesquisa em desenvolvimento e aplicação de recursos computacionais feitos com Realidade Virtual e Aumentada e este muito provavelmente dará resultados positivos nas esferas de pesquisa básica e aplicada articulada à extensão. Assim, justificará os empenhos do autor, da Orientadora desta pesquisa em particular e das demais da UFSC, UFFS e CAPES que se dedicaram e não mediram esforços para que o doutorado interinstitucional (DINTER) ocorresse.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, N.A; MONTEIRO, A.N.V. Dispositivo, atração e os rubes da realidade virtual: uma abordagem teórica do Oculus Rift - Revista Visualidades v.15 n1 p. 129 -142 jan. Jun/2017 – Goiânia/GO – Disponível em:

<https://www.revistas.ufg.br/VISUAL/article/view/41428/24643>.

Acessado em 11 de abril de 2018.

BAPTISTA, M.M. Tese De Doutorado “**Desenvolvimento e Utilização de Animações 3D do Ensino De Química**” – Instituto de Química da Unicamp. Campinas - Sp, 07 nov. 2013. Disponível em:

<<http://www.biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/ficha102958.htm>>.

Acessado em: 18 dez. 2016.

BRANDT, H; GEORGEN, M; NIELSEN, B. L; SWENSEN, H. **Augmented Reality for Science Education** - VIA University College, Faculty of Education and Social Studies, Aarhus, Denmark and Akershus University College of Applied Sciences, Faculty of Education and International Studies, Oslo, Norway. Adfa, p. 1, 2011. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011 – Disponível em: <https://goo.gl/w5WUCj> – Acessado em setembro/2017.

BEGOSSO, L.C. **Uma ferramenta apoiada por arquiteturas cognitivas para o estudo da confiabilidade humana** – Tese de doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) – Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-09012006-093145/publico/Begosso.pdf> . Acessado em outubro/2017

BOTEGA, L. C.; CRUVINEL, P. E. **Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos**. In: Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, 11, 2009, Porto Alegre. Anais..., Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2009, p. 8-30.

CHI, M. T. H.; BASSOK, M.; LEWIS, M.; REIMANN, P.; GLASER, R. **Self-Explanation: how students study and use examples in learning to solve problems. Cognitive Science, 1989: 145-182.**<http://chilab.asu.edu/papers/ChiBassokLewisReimannGlaser.pdf> . Acessado em setembro/2017.

CLARK, R.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in Learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load**, San Francisco, John Wiley & Sons, San Francisco, 2006.

COLOM, R.; MENDOZA, C. Inteligencia y Memoria de Trabajo: La Relación Entre Factor G, **Complejidad Cognitiva y Capacidad de Procesamiento**. Psicología e Teoria Jan-Abr 2001, Vol 17 n.1, p. 37 – 47. Disponível em: http://www.fafich.ufmg.br/ladi/files/Art003_WM_ProcessingInformation_and_g_2001.pdf Acessado em agosto/2017.

COSTA, F, J. **O uso de imagens e palavras em com base na teoria da carga cognitiva**: Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte – 2010. Disponível em: <http://bit.ly/2RDIsfY> (endereço encurtado). Acesso em: fevereiro/2019.

DAWSON, M. *Penn State World Campus*: <http://bit.ly/2P4P4zK> (link encurtado). Acesso em março/2019

DEDE, C; METCALF, S. **Entrevista ao Institute of Education Science (IES) - 2011**: Disponível em: <https://ies.ed.gov/blogs/research/post/where-are-they-now-a-q-and-a-with-the-creators-of-ecomuve-a-virtual-environment-for-middle-school-science>. Acesso em abril/2019

FERREIRA, C. R; ARROIO, A. Visualizações no Ensino de Química: **Concepções de professores em formação inicial**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 35, n. 3, p.199-208, ago. 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/on-line/qnesc35_3/09-PE-32-12.pdf>. Acesso em: dezembro/2018.

FERREIRA, C. R; BAPTISTA, M. L; ARROIO, A. O uso de visualizações no ensino de ciências: A formação continuada de professores. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2011.

GILBERT, J. K. **Visualization: an emergent field of practice and enquiry in Science Education.** In J. K. Gilbert, M. Reiner, M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education.* Springer, 2008, p. 3-24.

KIRSCHENER, P; SWELLER, J; CLARK, R. **An analysis of the Failure of Constructional, Discovery Problem – Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching.** *Educational Psychologist.* p. 75 - 86(2006)
http://www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner_Sweller_Clark.pdf – Acessado em agosto/2017.

MAGNANI, F.S; CUNHA, S.S. **Estudo da Dinâmica das Motocicletas em Frenagem e Curvas: O Efeito da Técnica do Piloto e da Condição da Estrada.** *Revista Brasileira do Ensino de Física, RBEF Vol 39 N^o2 - 2017, p.108* – Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n2/1806-1117-rbef-39-02-e2311.pdf> – Acessado em agosto/2018.

MANTOVANI, V. **Visualização e modelagem no Ensino de Química: a visão de professores de um curso de formação continuada** - Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo – 2013 – Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde.../Vivian_Lopes_Mantovani.pdf – Acessado em outubro/2017.

MERRIENBOER, J; SWELLER, J. **Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions** - *Educational Psychology Review, Vol. 17, No. 2, June 2005 (C 2005)*
 DOI: 10.1007/s10648-005-3951-0
<http://www.anitacrawley.net/Articles/vanMerrienoerCognitiveLoadTheoryandComplexLearning.pdf> Acessado em setembro/2017.

MILLER, G. A. **The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information** - Originally published in *The Psychological Review*, 1956, vol. 63, pp. 81-97 - Disponível em: <http://www.sns.ias.edu/~tlusty/courses/InfoInBio/Papers/Miller1956.pdf> - Acessado em agosto/2017.

MNGUNI, L. **The theoretical cognitive process of visualization for science education**. SpringerPlus 2014 3:184 – Disponível em: <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-3-184> – Acessado em outubro/2017.

MOUSAVI, S.Y; LOW, R; SWELLER, J. **Reducing Cognitive Load by Mixing Auditory and Visual Presentation Modes** -University of New South Wales – 1995. Disponível em: <http://visuallearningresearch.wiki.educ.msu.edu/file/view/Mousavi,+Low,+&+Sweller+281995.pdf> -Acessado em setembro/2017.

PHILLIPS, L; NORRIS, S; MACNAB, J. **Visualization in Mathematics, Reading and Science Education** – University Of Reading – UK - Editora Springer – 5ª edição – 2011.

PSOTKA, J. **Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies** - *Educational Technology & Society*, v16 n2 p69-80 2013 - Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288997480_Educational_Games_and_Virtual_Reality_as_Disruptive_Technologies - Acessado em fevereiro/2018.

RUSSO, E. E. R. et al. **A Realidade Virtual na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo**. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. (Eds.). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Belém: Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

SANTOS, L.M.A. Tese de doutorado **“A Inserção de um agente conversacional animado em um Ambiente Virtual de Aprendizagem a partir da Teoria da Carga Cognitiva”** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre/RS – 2009 – Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19017/000733270.pdf?sequence=1> - Acessado em: 17 nov. 2018.

SAVI, R; ULBRICHT, V. **Jogos digitais educacionais: Benefícios e desafios** - CINET-UFRGS Novas Tecnologias na Educação – V.6 Nº 2, Dezembro/2008 - Disponível em: www.seer.ufrgs.br/renote/article/download/%2014405/8310 – Acessado em: 30 dez. 2017.

SHERIDAN, T. **Musings on Telepresence and Virtual Presence: Teleoperators and Virtual Environments**. Orlando, Fl, 03 jun. 1998. Disponível em: <https://nil.cs.uno.edu/publications/papers/witmer1998measuring.pdf>. Acessado em: 28 abr. 2017.

SILVA, L. F. et al. **Realidade Virtual e Ferramentas Cognitivas Usadas como Auxílio para o Ensino de Física**. Revista Novas Tecnologias na Educação: CINETED, Porto Alegre - Rs, v. 6, n. 1, p.1-10, 03 jul. 2008.

SILVA, L. F. et al. **Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. Recife - Pe, 08 ago. 2007. Disponível em: <http://bit.ly/2JDrUkP> - (Endereço encurtado). Acesso em: 03 de maio. 2019.

SOUZA, N.P.C. **Teoria da Carga Cognitiva: origem, desenvolvimento e diretrizes aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem** – Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Pará – Programa de Pós-graduação em Ciências e Matemática – 2010. https://www.researchgate.net/publication/262676606_Teoria_da_Carga_Cognitiva_Origem_Developolvimento_e_Aplicacoes - Acessado em agosto/2017.

STERNBERG, R.J; STERNBERG, K. **Psicologia Cognitiva** – Tradução da 7ª edição norte-americana. Ed.CENGAGE Learning Ltda/2017.

SWELLER, J. **Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist**”. LEA, Inc, 2003.

SWELLER, J; AYRES, P; KALYUGA, S. **Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies** – Ed. Springer / 2011.

SWELLER, J. **Human Cognitive Architecture** - University of New South Wales – Sydney, Australia – Disponível em: http://faculty.ksu.edu.sa/Alhassan/Handbookonresearchineducationalcommunication/ER5849x_C031.fm.pdf - Acessado em agosto/2017.

SWELLER, J.; CHANDLER, P. **Why some material is difficult to learn?** Cognition and Instruction, 1994: 185-233. Disponível em: http://www.learnlab.org/research/wiki/images/5/54/Sweller_Chandler_Why_Some_Material_is_Difficult_to_Learn.pdf - Acessado em setembro/2017.

BELL, J. T ; FOGLER, S. **Virtual Reality in The Chemical Engineering Classroom** Reprinted from *Proceedings of the 1998 ASEE Annual Conference and Exposition*, American Society for Engineering Education, Seattle, WA, June 28-July 1, 1998. Disponível em: <https://goo.gl/8ajaPu> - Acessado em setembro / 2017.

TERUYA, L; MARSON, G. **A pesquisa em visualização no ensino de Química na última década.** Instituto de Química – Universidade de São Paulo – 2013. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R0711-2.html - Acessado em outubro/2017.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Livro do Simpósio Brasileiro de Realidade Virtual e Aumentada.** Belém - Pa: Centro Universitário do Pará - Cesupa, 2006. 320 p. Disponível em: <http://www.pcs.usp.br/~interlab/Sumario-Livro-RV2006.pdf> - Acessado em: 29 abr. 2017.

VAVRA, K.; PHILLIPS, L. M.; STEPHEN, P. N.; MACNAB, J. S. **Visualization In Science Education.** EUA, 01 jan. 2011.

VAVRA, K.; JANJIC-WATRICH, V.; LOERKE, K.; PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P.; MACNAB, J. (2011). **Visualization in science education.** Alberta Science - Education Journal, 41(1), 22-30. Disponível

em:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.409.1681&rep=rep1&type=pdf> – Acessado em outubro/2017.

VIRVOU, M., MANOS, C., KATSIONIS, G., TOURTOGLOU, K. **VR-ENGAGE: A Virtual Reality Educational Game that Incorporates Intelligence** - IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies 2002, Kazan, Russia, September 16-19, 2002, pp. 425-430. Disponível em: <https://goo.gl/PnmbTY> - Acessado em setembro/2017.

YAIR, Y.; MINTZ R.; LITVAK, S. 2001 - **3D-Virtual Reality in Science Education: An Implication for Astronomy Teaching** - *Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching* (2001) **20**(3), 293-305 Disponível em: <https://goo.gl/cdfRCt> – Acessado em setembro/2017.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Momento angular na motovelocidade

Para garantir a fidedignidade dos conceitos físicos envolvidos, optou-se por adotar uma postagem feita pelo Físico Americano, Reht Allain, um especialista nas explanações de Momento Angular por intermédio das grandezas físicas que fazem parte da motovelocidade. O texto abaixo é uma tradução direta feita pelo criador da ferramenta RVA_360, mas com algumas referências de outras fontes. Para contemplar o que preconiza a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as citações diretas estarão com recuo a direita. Vamos ao texto.

COMO AS MOTOCICLETAS INCLINAM-SE MUITO SEM TOMBAR?

Acredito que a maioria já deve ter ouvido que andar de motocicleta é como andar de bicicleta, porém as motos são muito mais rápidas e não precisamos pedalar. Em ambos os casos, o veículo de duas rodas pode inclinar-se significativamente ao fazer uma curva e isso é algo comum nas corridas de moto ou motovelocidade, assim como nas corridas de bicicleta, principalmente em pistas com raias tão comuns em competições olímpicas.

Você deve estar se perguntando por quê? Por duas razões: forças resultantes e torque.

Forças resultantes

Em seu curso de física introdutória, uma das maiores ideias é que uma força altera o movimento de um objeto. Uma maneira de escrever isso matematicamente é com a segunda lei de Newton:

Figura 1 – Segunda lei de Newton

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Fonte: portal mundo e educação⁴⁷

A força resultante (FR) que tem Newton (N) como unidade de medida é o produto da massa (m), que simboliza o corpo ou objeto em inércia e tem o quilograma (kg) como unidade de medida, multiplicado pela aceleração (a), que deve ser representada por metro por segundo ao quadrado (m/s^2). A ideia por aqui não é explicar ou revisar conceitos introdutórios de física e sim ajudá-lo na compreensão de momento angular com o uso de motocicletas de forma semi-imersiva ou imersiva. Falaremos disso mais adiante, porém é importante você verificar se possui conceitos básicos como os que compõem a segunda lei de Newton acima. Continuando...

Se uma força resultante atua em um objeto, ele acelera. Se você segurar uma bola na sua frente e soltar, apenas uma força atuará nela – a força gravitacional. A bola tem uma aceleração na mesma direção que a força gravitacional, de modo que ela começa a acelerar na direção descendente e cai. Quando nos reportamos a força resultante, significa dizer que estamos considerando todo tipo de força que atua sobre um corpo e o tira da inércia. Não estamos considerando somente a força gravitacional e para destacar que existem outras forças que atuam simultaneamente, denomina-se como força resultante (FR).

Agora, analisemos por um exemplo rápido. Suponhamos que uma pessoa pendure um par de dados difusos no espelho retrovisor do seu carro. Ao eu acelerar o carro os dados voltam. Provavelmente você já observou essas cenas diversas vezes.

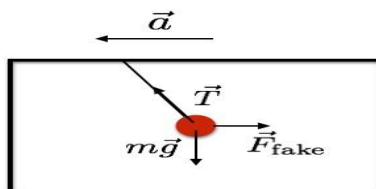
OK, digamos que é uma bola em vez disso. Mas por que a bola (dado difuso) balança de volta? Se você olhou para as forças na bola, você tem a gravidade puxando para baixo e a tensão na corda puxando ambas para cima e para frente. Se a bola

⁴⁷ <http://bit.ly/2Mn5CBt>

está em repouso, que força a empurra de volta para equilibrar o componente horizontal da tensão? A resposta: nada. Não há uma força empurrando a bola para trás porque a bola está acelerando para a frente.

Aqui está o ponto chave: a segunda lei de Newton realmente funciona apenas em um referencial não acelerado. Quando um humano está em um carro acelerado, queremos que a lei de Newton funcione como sempre. A única maneira de corrigir esse problema é adicionar uma força falsa, como esta que aparece na Figura II abaixo.

Figura 2 – Força falsa



Fonte portal Wired: <http://bit.ly/2LURIEG>

Esta força falsa está na direção oposta como a aceleração do carro. É essa força falsa que “empurra a bola para trás” no referencial de aceleração e essa força falsa teria um valor calculado por:

$$\vec{F}_{\text{fake}} = -m\vec{a}_{\text{ref}}$$

A maioria dos cursos introdutórios de física não cobre forças falsas. Por que não? Porque os alunos já têm alguma dificuldade em identificar as forças em um objeto. Acrescente forças falsas e isso só enlouquece. Isso significa que, para todas as situações em uma aula de introdução à física, um objeto será observado a partir de um referencial inercial (o que significa que não é acelerado).

Que tal uma motocicleta girando em círculo? Como o vetor de velocidade da motocicleta está mudando, ele tem uma aceleração (mesmo que esteja em uma velocidade constante). Isso significa que uma força falsa empurra o motociclista na direção oposta à aceleração. A aceleração de um objeto em movimento em um círculo aponta para o centro do círculo e tem uma magnitude de:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Onde r é o raio do círculo e v é a velocidade da motocicleta. Claro, você provavelmente pode adivinhar que temos um nome especial para essa força falsa - nós a chamamos de força centrífuga que literalmente significa “força de fuga do centro”. Não confunda isso com força centrípeta que é a força que faz com que um objeto se mova em um círculo.

Certamente, alguns leitores devem ter tido algum desconforto com a citação da “força de fuga do centro” ou força centrífuga, pois são discussões comuns em física. Alguns adotam e outros negam veementemente a existência da tal força. O autor desta pesquisa e da ferramenta RVA_360-Momento Angular, não é um físico e em diversos momentos manteve as expressões e fórmulas originais da referência adotada, Rhet Allain (Professor da Universidade de Louisiana)

Falamos das forças resultantes e agora vamos falar sobre o Torque, segundo a mesma fonte de referência.

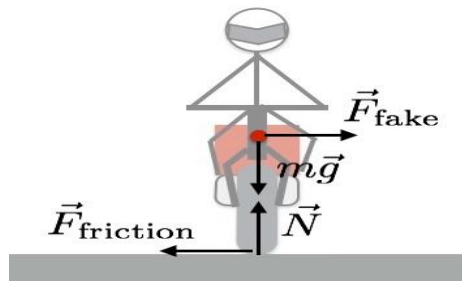
Quando um carro ou moto segue um rumo, alguma força externa empurra o veículo na direção do centro do círculo. Essa força é quase sempre a força de atrito entre os pneus e a estrada. Esta força de atrito será importante quando se olha para uma motocicleta que gira.

Agora podemos chegar à motocicleta inclinada (momento que os pilotos chegam a tocar o chão com joelho, mas só cairão com alguma falha que

contraria as grandezas físicas, por exemplo). Suponha que eu tenha uma motocicleta girando em torno de uma curva e NÃO inclinada. Como a motocicleta está girando (em movimento), ela está acelerando em direção ao centro do círculo. Acontece que isso é mais fácil de explorar no Quadro acelerado do piloto, de tal forma que haverá uma força falsa afastando-se do centro do círculo.

Aqui está uma visão frontal da motocicleta junto com as forças que agem sobre ela. A moto está girando para a esquerda (como visto pelo espectador).

Figura 3 – Moto em movimento sem inclinação



Fonte portal Wired: <http://bit.ly/2LUrlEG>

Neste referencial, todas as forças somam zero. No entanto, todos os torques não somam zero. Tente isso. Coloque um lápis na mesa e empurre com dois dedos em direções opostas no lápis. Se essas duas forças estiverem no mesmo local no lápis, o lápis ficará parado. Se você empurrar a parte superior e inferior do lápis, o lápis gira.

Figura 4 – Exemplo prático



Fonte portal Wired: <http://bit.ly/2LUrlEG>

Assim como uma força pode alterar a velocidade de um objeto, o torque pode alterar a velocidade

angular. Com torque zero, você não teria nenhuma mudança no movimento angular. O torque de uma força depende da magnitude da força, da distância da localização da força até algum ponto de rotação e do ângulo em que a força é aplicada. Se você quisesse escrever isso como uma equação, seria:

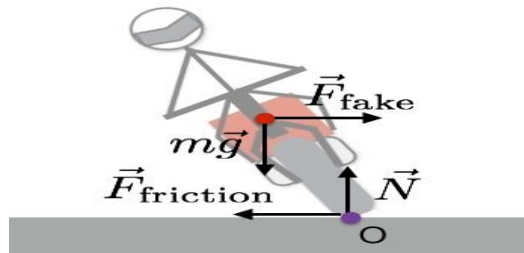
$$\tau = Fr \sin \theta$$

Onde θ é o ângulo entre F e r . Tecnicamente, o torque é um vetor, mas vamos deixar assim por enquanto.

Voltando ao diagrama da moto que não inclina e gira, você pode ver o problema. Assim como o lápis, a força de atrito (na Figura V aparece como *Ffriction*) e a força falsa não estão no mesmo local. Se você não se inclinar, o torque total não será zero e você “cairá”. Em uma corrida de motos, isso seria algo ruim.

O que muda se a moto se inclina? Aqui está a mesma moto, mas agora inclinada.

Figura 5 – Moto e piloto inclinados



Fonte portal Wired: <http://bit.ly/2LUrLEG>

A força resultante ainda é zero neste referencial de aceleração – e agora o torque total também é zero. Vejamos o torque calculado sobre o ponto em que a roda toca o solo. A força de atrito e a força normal (a partir do solo empurrando para cima) têm torque zero, uma vez que ambas são aplicadas no ponto em que o torque é calculado. Isso deixa apenas o torque da força falsa e o torque da força gravitacional. Eles estão em direções opostas e

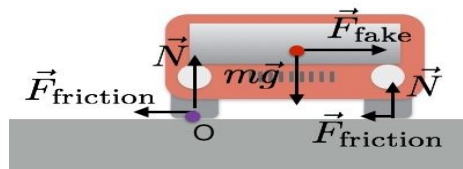
podem cancelar. Na motocicleta não inclinada (Figura 3), a força gravitacional estava empurrando para a direita através do ponto de torque para que produzisse um torque zero e não pudesse cancelar o torque da força falsa.

Em suma, inclinar a moto permite que haja um torque gravitacional para equilibrar o torque da força falsa. Inclinarse impede que você caia. Sabe-se que parece estranho, mas é o que acontece.

Por que um carro não gira?

Bem, um carro que gira realmente se inclina. No entanto, não é necessário. Aqui está um diagrama de força que é como a moto que gira, exceto se eu o substituir por um carro.

Figura 6– Diagrama de forças



Fonte portal Wired: <http://bit.ly/2LURLEG>

Os carros têm 4 rodas (geralmente). Se eu pegar a roda dianteira direita (vista à esquerda no diagrama) como o ponto para calcular o torque, a força gravitacional de fato tem um torque diferente de zero, já que o centro de gravidade não está diretamente acima da ponta do pneu. Além disso, a força normal do outro pneu também exerceria um torque diferente de zero. Com essas muitas forças, é fácil ver que você pode ter um torque líquido igual a zero. Os carros não precisam se inclinar para girar – mas as motocicletas sim.

Autor: Rhett Allain is an Associate Professor of Physics at Southeastern Louisiana University.⁴⁸

⁴⁸<https://www.wired.com/2015/08/motorcycles-lean-far-without-tipping/>

Apêndice 2 - Questionário para avaliação da ferramenta RVA_360 - Momento Angular por especialistas

Software de Realidade Virtual e Aumentada para o ensino de Física: RVA_360 – Momento Angular

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

O Sr (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada: Avaliação da ferramenta computacional RVA_360 – Momento Angular. Esta pesquisa tem dentre os seus objetivos: avaliar os aspectos teóricos instrucionais, as estratégias didáticas para a apresentação e discussão das grandezas físicas envolvidas, aspectos técnicos e visuais, sua forma de utilização e adequação ao conteúdo pretendido a partir do conceito de objeto de aprendizagem digital. A participação nesta pesquisa consistirá na instalação da ferramenta a partir do acesso aos links abaixo e o manuseio da mesma, possibilitando, desta forma, responder as perguntas disponíveis neste questionário. O benefício relacionado à sua participação é o ganho de conhecimento sobre o software educativo aqui disponibilizado que foi feito com Realidade Virtual e Aumentada semi-imersiva e imersiva, voltada para o ensino de física, através do objeto de visualização (RVA_360 –Momento Angular). As suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória ou por códigos. Os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados em trabalhos acadêmicos e em eventos científicos. A sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador.

Pesquisador: Carlos Roberto França (carlos.franca@uffs.edu.br) - <https://www.profcarlosfranca.com.br/>

Orientadora da pesquisa: Prof^a. Dr^a Tatiana da Silva

***Obrigatório**

Você concorda com os termos acima e quer participar da pesquisa? *

() Sim, li e estou de acordo com os termos.

() Não quero participar.

Informe seu nome sem a necessidade de assinatura digital ou impressa. *

Sua resposta

Vídeo de demonstração da instalação das versões (assista no YOUTUBE em tela cheia, clicando na opção que aparece no canto direito inferior do seu monitor. Inicie aqui no próprio formulário ou vá direto para o youtube por este link: <https://youtu.be/5bmZMaQyDsY>)

Abaixo alguns links para baixar as versões da ferramenta.

" atenção: utilize fones de ouvido para as versões semi-imersivas. Este equipamento é fundamental para que ocorra a semi-imersão. A versão para "Oculus Rift" já é 100% imersiva e os canais de som estão no próprio visualizador. Nas demais versões da ferramenta (Android, MACos, Windows e Linux) favor utilizar fones de ouvido. Obrigado e tenha ótimas experiências com a ferramenta RVA_360 -Momento Angular"

VERSÃO PARA CELULAR ANDROID

É com muita satisfação que compartilho o link da versão da ferramenta RVA_360 - Momento Angular para celular Android. Um professor baixou e testou a ferramenta e deixou um "feedback" que fez toda diferença. Ele disse que valeria a pena tirar um pouco do realismo e ofertar o uso da ferramenta para escolas com menos recursos técnicos e sem computadores potentes. ESTE É UM DOS PRINCIPAIS MOTIVOS DE SOLICITARMOS OS TESTES E AS INTERAÇÕES DOS PROFESSORES (AS) ESPECIALISTAS EM FÍSICA.

Quase não se vê APP de Realidade Virtual para Android, sendo mais comum os de Realidade Aumentada e por isso espera-se que aprovelem mais essa iniciativa do autor da RVA_360 – Momento Angular.

O link deve ser acessado diretamente nos celulares android, pois trata-se um arquivo APK (Aplicativo android) e não abrirá em outra plataforma que não seja essa, especificamente falando.

<http://bit.ly/2AE56vq>

Fiz um vídeo com a captura da tela do celular para motivar os colegas e para terem certeza que ficou bem legal:

https://youtu.be/jaNL2LdwZ_c

Vejam que utilizei um APP que captura tela de celular em tempo real e que na maioria das vezes a minha voz fica encoberta pelo barulho da moto. O vídeo e o manuseio da ferramenta acontecem com a tela na horizontal (deitada), mas o youtube apresenta a tela na vertical (em pé) e isso pode causar estranheza em alguns. Acontece também uma falta de sincronia entre a minha narração e a imagem e isso são coisas do aplicativo (DU RECORDER) que é grátis e muito bom, mas tem esses pequenos "bugs", nada que atrapalhe, porém pode gerar reações dos mais exigentes e perfeccionistas. O que importa é a versão que acabo de disponibiliza para SMARTPHONE ANDROID ficou rápida, funcional e acredito que gostarão.

Um outro detalhe. A parte prática é toda "touch screen" e os acionamentos bem intuitivos. O manuseio acontece assim:

ACELERAÇÃO: Através do pedal maior, canto direito inferior da tela do celular;

FREIO: Acionado a partir do ícone acima do pedal menor que fica ao lado do acelerador;

SETAS DE DIREÇÃO: As setas no canto inferior servem para as manobras para esquerda ou direita. Para andar em linha reta não precisa acionar nada, basta acelerar. Cuidado com a marcha e a velocidade, pois o tempo de resposta do freio tenta acompanhar o uso realístico e se acionar o freio em cima ou muito próximo do obstáculo cairá com toda certeza;

PÉS NO CHÃO NAS MANOBRAS: com a motocicleta parada é possível trazê-la para trás com acionamento do pedal menor. O avatar

(piloto da moto) colocará os pés no chão e isso é essencial quando a moto bate na tela de proteção do circuito e o piloto cai, por exemplo;

ACIONAMENTO DA CÂMERA: Uma funcionalidade PRIMORDIAL PARA A IMERSÃO é a pilotagem da moto diretamente pelo usuário. O ícone no alto da tela e ao centro (circunferência colorida) é o acionamento da câmera. Ao acioná-la com toques leves o avatar altera a visualização e em dado momento dará a posição de piloto para o usuário. Quando estiver bem experiente no manuseio é recomendável assumir o controle, pois é aí que se inicia a imersão, que nada mais do que provocar as sensações de "entrar" na cena. Para isso, utilize fones de ouvido e mantenha-se concentrado e isolado do que está ao seu redor. Quanto maior a concentração, maior e melhor será a experiência e isso vale para todas versões da ferramenta. Certamente, se puder utilizar a versão feita para "Oculus Rift" e disponibilizada por aqui, a imersão será 100%. Para responder as questões, além de uma boa passada pelos vídeos introdutórios, é fundamental que o usuário se deixe ou permita que a imersão ocorra e experimente as sensações;

ACIONAMENTO DA SIRENE E LUZES DA MOTO E EFEITOS: por se tratar de uma motocicleta policial é possível ligar a sirene através de um ícone no formato de barra azul (canto superior esquerdo). O ícone que em formato de seta circular aciona a moto com pulos ou pequenos saltos tipo quebra-mola; o ícone central que lembra um extintor, porém verde, pode ser utilizado para andar com a moto empinada e com luzes no escapamento. Serve como parte lúdica "diversão ou entretenimento para os alunos", mas também pode ser explorado pelos professores como medida de reação, concentração, reflexo, manobras arriscadas e etc;

VOLTAR PARA A TELA DE ABERTURA: Logo abaixo do pedal menor tem a opção para voltar para a tela de abertura. Acionamento é feito com dois toques rápidos (duplo clique).

OBS. 1 - RECOMENDO ENCAMINHAREM O LINK PARA UM E-MAIL QUE POSSAM ABRIR NO CELULAR. NORMALMENTE, USUÁRIOS DE ANDROID ACESSAM O GMAIL E ESSA É A MELHOR ALTERNATIVA;

2 - POR SE TRATAR DE APLICATIVO NÃO BAIXADO DA (PLAY STORE), VOCÊ DEVERÁ PERMITIR QUE O SEU SMARTPHONE INSTALE APP DE FONTE DESCONHECIDA. ISSO É FEITO NAS CONFIGURAÇÕES E ESPERO QUE NÃO SEJA IMPEDIMENTO OU FATOR INIBIDOR PARA OS QUE DESEJAREM INSTALAR, MAS QUE NÃO ESTÃO HABITUADOS COM ESSES DETALHES TÉCNICOS.

VERSÃO PARA USUÁRIOS APPLE (MacBook ou Ipad)

<http://bit.ly/2OJ2kgt> (RVA_360_MaCOS) *** Atenção, essa pasta é para usuários APPLE (MacBook ou IPAD), bastando baixá-la "OPÇÃO BAIXAR TUDO DO GOOGLE DRIVE, CANTO DIREITO SUPERIOR DO SEU MONITOR" sem ter que instalar nada. É um plug-in para WEB e que funciona somente com o navegador FIREFOX. Dentro da pasta tem um MANUAL, onde se explica algumas peculiaridades, mas nada que tire a semi-imersividade da ferramenta. (NO MANUAL ENCONTRARÃO OS LINKS PARA AS VÍDEO-AULAS SOBRE OS CONCEITOS INTRODUTÓRIOS DE MOMENTO ANGULAR)

OBS. 1-POR SER UM *PLUG-IN WEB* CERTAMENTE FUNCIONA PARA MÁQUINAS COM SISTEMAS OPERACIONAIS WINDOWS OU LINUX, PORÉM AS VERSÕES DISPONÍVEIS ABAIXO SÃO MAIS INDICADAS E EFICIENTES PARA USUÁRIOS MICROSOFT OU LINUX. Os que utilizam somente MaCOS (Sistema operacional IOS) terão apenas essa opção para instalar e usar a ferramenta RVA_360 - Momento Angular SEMI-IMERSIVA. Versão com "OCULUS RIFT" está disponível para quem tem máquinas preparadas para Realidade Virtual e com sistema operacional Windows. Ainda não lançaram "Oculus Rift" para MaC;

2 - UMA DICA VALIOSA DE USO DESSA VERSÃO WEB_FIREFOX: Quando iniciar a parte prática ou estiver simplesmente manuseando as motocicletas via teclas de atalho com as setas de direção ou teclas especiais que estão descritas no painel de instruções no canto esquerdo do seu monitor, ou com o módulo "JOGAR DIRETO NA TELA DO CELULAR" que na verdade se trata da opção " TOUCH SCREEN" bastando posicionar o CURSOR do mouse sem necessidade de cliques para movimentar a motocicleta, SAIA DO MODO TELA CHEIA QUE ECONOMIZARÁ O USO DA PLACA DE VÍDEO E AS MOTOCICLETAS FICARÃO COM O

DESEMPENHO TRIPLICADO, A VELOCIDADE É MUITO MAIOR E AUXILIARÁ NA RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES PROPOSTAS.

Vídeo de demonstração e dicas de uso da versão: RVA_360 - WEB_FIREFOX (https://youtu.be/_YxoVeM97uE)

VERSÕES PARA USUÁRIOS WINDOWS OU LINUX

<http://bit.ly/2xBJ0Yo> (RVA_360_Windows_ou_Linux) clique e baixe a pasta para a sua máquina ("OPÇÃO BAIXAR TUDO DO GOOGLE DRIVE, CANTO DIREITO SUPERIOR DO SEU MONITOR" e não se esqueça de descompactar o arquivo no interior da pasta e seguir as instruções do MANUAL.PDF disponível na pasta e reforçado pelo passo a passo do vídeo acima).

ATENÇÃO: CASO TENHA SOMENTE UMA MÁQUINA *LINUX* SEM DUAL BOOT E ENCONTRE DIFICULDADES DE UTILIZAR O APLICATIVO *WINE* (próprio para executar arquivos *EXE* do *Windows* no *Linux*), DÊ PREFERÊNCIA DE USO PARA A VERSÃO DA FERRAMENTA COM *PLUG-IN FIREFOX*, A MESMA ACIMA INDICADA PARA USUÁRIOS *MAC "APPLE"*.

Os que possuem um computador preparado para Realidade Virtual (processador i7 e 8 GB RAM ou mais e uma placa de vídeo própria para games), poderão investir num visualizador de RVA chamado Oculus Rift e então experimentar a imersão total. As versões de imersão total para máquinas potentes (pcs e notebooks) com "*Oculus Rift*" instalado são essas:

<http://bit.ly/2L9EghG> (Oculus Rift CV1)

<http://bit.ly/2uhYDmq> (Oculus Rift CV1 Full)

Agradecemos antecipadamente: Carlos Roberto França (autor da ferramenta) e Profª. Drª Tatiana da Silva (Orientadora responsável pela pesquisa).

Vamos aos questionamentos:



Quanto a sua prática docente :

1 – Nas suas aulas você já fez uso de objetos de visualização (softwares educativos) que utilizam Realidade Virtual ou Realidade Aumentada ou ambas ao mesmo tempo que são conhecidas como Realidade Mista ou Realidade Virtual e Aumentada (RVA)?

() Sim

() Não

2 – Caso já tenha ensinado momento angular e feito uso de algum objeto de visualização (Vídeos, mapas, Figuras, materiais concretos ou softwares educativos), informe qual (ais) objeto (s) de visualização utilizou.

Sua resposta

2.1 - Se respondeu afirmativamente à questão anterior, acredita que a compreensão da turma foi potencializada pelo uso deste recurso didático?

() Sim

() Não

() Prefiro não opinar.

Em relação a sua percepção do conteúdo teórico disponível no módulo introdutório e no tutorial da ferramenta RVA_360 - Momento Angular.

3 – Você acredita que o material teórico sobre momento angular que a ferramenta apresenta seja suficiente para que os alunos compreendam o tema abordado? Por gentileza, justifique a sua resposta.

Sua resposta

No tocante ao manuseio, processo de instalação e a interface gráfica da ferramenta RVA_360 - Momento Angular

4 - Na sua avaliação a navegabilidade da ferramenta, visibilidade e facilidade de entendimento dos direcionamentos dos links entre os módulos, estão amigavelmente disponibilizados? Por gentileza, justifique a sua resposta.

Sua resposta

4.1 - Você teve dificuldades de manuseio das motocicletas com as teclas de atalho (W,A,S,D, barra de espaço para frear ou as setas de direcionamento do teclado que também podem ser utilizadas para movimentar as motos)?

() Sim

() Não

4.2 - A ferramenta utiliza uma certa quantidade de informações/instruções na tela, o barulho das motos e as funcionalidades do piloto, como por os pés no chão, se levantar rapidamente nas quedas. Como você avalia o uso desses elementos de interatividade?

Sua resposta

4.3 - Qual versão da ferramenta você instalou e testou?

() RVA_360 - Momento Angular para *Windows ou Linux* (Versão semi-imersiva)

() RVA_360 - Momento Angular para *Windows com Oculus Rift* (Versão 100% imersiva)

() Instalei as duas versões, pois tenho o visualizador de RV, "Oculus Rift".

Em relação a avaliação da ferramenta RVA_360 - Momento Angular:

5 - Você acredita que as percepções das grandezas físicas pelos alunos são potencializadas com o uso de objetos de visualização feitos com Realidade Virtual e Aumentada semi-imersiva ou imersiva feita com "Oculus Rift", onde o aluno é inserido no mundo virtual e conduzido para a prática com participação ativa o tempo todo?

() Sim

() Não

() Talvez

5.1 - Questões peculiares ao momento angular e às forças físicas envolvidas podem ser trabalhadas e melhor assimiladas pelos seus alunos

com os módulos semi-imersivo ou 100% imersivo "caso você tenha experimentado a versão feita para Oculus Rift" da ferramenta RVA_360?

- Sim
- Não
- Talvez

5.2 - De acordo com as suas impressões utilizaria ou indicaria a ferramenta RVA_360 - Momento Angular?

- Sim
- Não
- Talvez

5.3 - Quais as contribuições que a ferramenta RVA_360 - Momento Angular pode trazer para o ensino e aprendizagem do tema abordado?

Sua resposta

ENVIAR

Nunca envie senhas pelos formulários Google.

Apêndice 3 – Endereços eletrônicos de grupos e demais citações

1 – Canal no youtube do Professor Doutor Mauro Copelli – Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), vídeos conceituais sobre momento angular e outras grandezas físicas;

2 - Pluralsigth, portal especializado em treinamento de desenvolvedores de recursos computacionais que utilizam Realidade Virtual e Aumentada;

3 - Udemy, portal de treinamento com características parecidas com o Pluralsigth;

4 – Objetos de visualização do grupo educar da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - O repositório do grupo que pode ser acessado pelo endereço: <http://www.ufjf.br/cursocomputacao/2015/05/06/projeto-educar-quadrics-desenvolvido-pelo-grupo-de-educacao-tutorial-de-ciencia-da-computacao-getcomp/>

5 – Produto de uma pesquisa de tese feita na UNICAMP - <http://www.quimica3D.com/>

6 - O *software* SEFIRV (Física com Realidade Virtual): <http://www.alexandre.eletrica.ufu.br/lab/>

7 – WEBTOP - Software do departamento de Física da Universidade de Mississippi – EUA : Disponível em: <https://psrc.aapt.org/items/detail.cfm?ID=1678>

8 - _____ Grupo da *Zurich University of the Arts* - <https://www.zhdk.ch/en/zurich-university-of-the-arts-1>

9 - *Center for Education Technology* (CET) - <http://www.home.cet.ac.il/cet-world/>

10 – Laboratório UM3D – Universidade de Michigan - <http://um3D.dc.umich.edu/>

11 - Simuladores de Realidade Virtual - VR –ENGAGE : <https://www.mak.com/products/simulate/vr-engage>

12 - Os Grupos denominados MIT *Scheller Teacher Education, Program Education Arcade*, como descrito no próprio portal do Arcade Program : <http://education.mit.edu/>

13 – Projeto iCSI – MIT : <http://web.mit.edu/mitstep/projects/csi-community-science-investigators.html>

14 - *River City Research – Harvard University* ; <http://muve.gse.harvard.edu/rivercityproject/index.html>

15 – Projeto EcoMUVE - <http://ecolearn.gse.harvard.edu/>

16 - *Interactive Reality Laboratory* – Laboratório de Realidade Virtual e Aumentada do IST-UCF : <https://www.irl.ucf.edu/>

17 - Projeto (*Interactive Science Through Technology Enhanced Play*) – iSTEP : <https://crlt.indiana.edu/projects/istep/index.html>

18 - Projeto Quest Atlantis - <http://atlantisremixed.org/>

19 – VR Group – Berkeley University - <http://vr.berkeley.edu>

20 - Centro de Cognição Aumentada “*Center for Augmented Cognition*” - <http://augcog.berkeley.edu/>

21 - ISAACS – *Immersive Semi-Autonomous Aerial Command System* - <http://www.isaacs.io/>

22 - *Teleimmersion Project Lab* – Seguramente este é o maior grupo de pesquisa do *Center for Augmented Cognition at UC Berkeley* focado em tele-imersão e com a liderança da Professora Ruzena Bajcsy - <https://people.eecs.berkeley.edu/~bajcsy/>

23 - *OpenARK* - é uma plataforma (SDK), sistema de realidade aumentada de código aberto criado na UC Berkeley - <http://augcog.berkeley.edu/OpenARK/html/index.html>

24 - **Laboratório Virtual de Dinâmica Molecular - v.1.1.3** - Disponível para *download* na versão 1.1.3 - <http://polymer.bu.edu/vmdl/Software/index.html>

25 - Grupo de pesquisa do *Human Interface Lab (HITLab)* – *University of Washington Seattle*

O HITLab da Universidade de Washington concentra o maior número de pesquisadores e pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada encontrado nessa pesquisa. Foi neste laboratório que o pesquisador Dr Hirozaku Kato desenvolveu em 1998 a **ferramenta de Realidade Aumentada denominada ARToolkit** - <http://www.hitl.washington.edu/home/>

26 – Pesquisador criador do ARToolkit - <http://imd.naist.jp/people/hirokazukato>

27 - O *software Quiver* é uma ferramenta ou aplicativo (APP) que traz páginas para imprimir e colorir e dar vida aos desenhos com celular ou *tablet*. - <http://www.hitlabnz.org/index.php/products/colar/>

<http://www.quivervision.com/company/>

28 - Grupo *EGGPLANT (Education Games Group, Play, Language, Avatars, Narrative, and Technology)* - *Columbia University*

O *EGGPLANT* é um grupo do departamento de Matemática, Ciência e Tecnologia do *Teachers College – Communication, Media, and Learning Technologies Design (CMLTD)* - *Columbia University*, ligado mais especificamente ao programa (CMLTD), Comunicações, Mídias, *Design* e Tecnologias de Aprendizagem.

<http://www.tc.columbia.edu/games-research-lab/>

29 - Grupo *The Human-Computer Interaction Laboratory* - (HCI Lab) da Universidade de Udine/ Itália

O grupo de pesquisadores vinculados ao (HCI Lab), pertencente ao Departamento de Matemática, Computação e Física da University of Udine, liderados pelo pesquisador professor Dr Luca Chittaro, estudam novas maneiras de interação homem x máquina e como as mesmas podem impactar a vida das sociedades.

<https://users.dimi.uniud.it/~luca.chittaro/>

30 – Grupo de pesquisa da York University - <http://percept.eecs.yorku.ca/index.html>

31 - **Projeto de Equipamentos móveis com acesso tátil - *Device Tactile Feedback***

<http://euanfreeman.co.uk/projects/above-device-tactile-feedback/>

32 - Grupo de pesquisa da Universidade de Aveiro – Portugal: Projeto *EduPark* - <http://edupark.web.ua.pt/>

O grupo está vinculado ao IEETA (*Institute of Electronics and Informatics Engineering of Aveiro*). É formado por aproximadamente 15 (quinze) pesquisadores que conseguem representar praticamente todas as áreas do ensino de ciências do ciclo básico ao ensino superior. http://wiki.ieeta.pt/wiki/index.php/Main_Page

33 - Laboratórios que compõem o ***HHMI/Janelia Research Campus***. A maioria utiliza a Realidade Virtual e Aumentada de forma indireta ou direta com a produção de recursos digitais.

<https://www.janelia.org/>

34 - *Software Vaa3D- (Visualization-Assisted Analysis 3D)* - <https://www.janelia.org/open-science/vaa3D>

35 - Portal do *The Franklin Institute*) – Aplicativo *Terracotta Warriors* - <https://www.fi.edu/about-us>

36 - Grupo de pesquisa do *Carnegie Mellon University's Entertainment Technology Center*

Software ALICE para a área da Matemática e outras. <http://www.etc.cmu.edu/projects/wonderland/>

37 - Grupo da *Pennsylvania State University – Penn State World Campus*

O grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do *Penn State World Campus*, pela própria história dessa universidade pública estadual, uma das poucas instituições do mundo que oferece cursos *on-line* da graduação ao doutorado.

<https://www.worldcampus.psu.edu/degrees-and-certificates/directory/graduate/doctoral>

38 - Grupo de pesquisa *Education Arcade – Massachusetts Institute of Technologies (MIT)*

Este grupo de pesquisadores responsáveis pelo *Education Arcade*, utiliza como prerrogativa de publicar diretamente na base *Dspace* (que é um *software* gratuito utilizado pelos repositórios digitais de bibliotecas e

universidades do mundo inteiro), sempre com a licença no formato *Creative Commons*

<https://education.mit.edu/project-type/coding-tools/>

<http://www.dspace.org/>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

39 - ***Imagination Toolbox***: Trata-se de um treinamento com duração de uma semana, onde os professores e educadores informais aprendem a desenvolver aplicações 3D com o *software StarLogo*, que é um ambiente de programação para quem não tem experiência, mas possui muita aptidão e determinação para encarar os desafios de gerar aplicativos ou até mesmo apoiar suas aulas com objetos 3D de sua própria criação. Esta é a “porta de entrada” para gerar aplicações com Realidade Virtual e Aumentada; http://education.mit.edu/portfolio_page/imagination-toolbox/

40 - ***Gameblox***: Este projeto é apresentado como uma ferramenta de programação baseada em blocos projetada especificamente para ser a porta de entrada para o *design* de jogos. É similar ao famoso aplicativo, *MIT App Inventor*, que possibilitou o surgimento de vários programadores talentosos no mundo inteiro e pode-se dizer que democratizou a criação de aplicativos para dispositivos móveis. A ferramenta *Gameblox* fornece um ambiente para que os iniciantes possam criar jogos divertidos, de forma descomplicada, incorporando algumas das tarefas de programação mais complexas como, por exemplo, conteúdos de física tais como colisões e gravidade dentro dos blocos. http://education.mit.edu/portfolio_page/gameblox/

41 - ***The Teaching Systems Lab Investigates***: É um laboratório que oferta nivelamentos para que os professores possam utilizar os recursos digitais em suas aulas e se apropriarem das diversas possibilidades. O Laboratório de Sistemas de Ensino faz um levantamento dos requisitos necessários para os professores, preparando-os para as salas de aulas digitais.

<https://education.mit.edu/?s=Education+Arcade>

42 - ***The Radix Endeavor***: É um jogo *on-line* projetado para vários jogadores interagirem e aumentarem seus conhecimentos de matemática e biologia. São questões para resolver em um mundo virtual, em que os

alunos simulam como uma determinada espécie poderá se adaptar às mudanças ambientais ao longo das futuras gerações.

<https://education.mit.edu/?s=Radix>

43 - Grupo de pesquisa da *Princeton University: Council on Science and Technology – CST StudioLab*

O Conselho de Ciências e Tecnologia (CST, sigla em inglês) da Universidade de Princeton, criou o *StudioLab* com o objetivo de ter um espaço versátil, que pudesse acolher pesquisadores de todas as áreas, indo do STEM (sigla em inglês para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, ou Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática em português), perpassando pelas artes, humanidades e ciências sociais.

<https://cst.princeton.edu/studiolab>

44 - Grupo de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada do Instituto Federal de Tecnologia de Zurique – ETH – ZURICH: *Group Innovation in Teaching* -

<https://www.ethz.ch/en/the-eth-zurich/education/innovation.html>

45 - Realidade Aumentada para tecnologias móveis (*tablets* e celulares), software chamado *EduApp*, faz muito sucesso nas aulas de física.

<https://www.ethz.ch/en/the-ethzurich/education/innovation/eduapp.html>

46 – **ML2VR – providing matlab users an easy transition to virtual reality and immersive interactivity** - Fornecimento de recursos para os usuários do *MatLab* através de uma transição fácil para a Realidade Virtual Imersiva e Interativa. (Endereço encurtado: <http://bit.ly/2BcITab>)

O principal pesquisador desenvolvedor e articulador deste sistema de *software* ML2VR, David J. Zielinski.

<http://virtualreality.duke.edu/person/david-j-zielinski/>

47 - Grupo de pesquisa Realidades: Das Realidades tangíveis às Realidades Ontológicas e Correlatos

Assim como muitos grupos citados anteriormente, este grupo não foi constituído por pesquisadores do ensino de ciências (matemática, física, biologia e química) e sim das áreas das expressões artísticas, semiótica e do ensino das artes visuais de forma contextualizada, mas possui um caráter agregador e recursos digitais gerados pelo grupo que misturam matemática, Realidade Virtual e Aumentada e as artes.

<http://www2.eca.usp.br/realidades/pt/>

48 - *Grupo INTERLAB da USP* - Em 1996, os grupos se juntaram e criaram o INTERLAB, laboratório de pesquisa aplicada vinculado ao Departamento de Engenharia Informática da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Os focos principais são as novas tecnologias interativas, multimídia e a Realidade Virtual, nos contextos educacionais e entretenimento. <http://www.interlab.pcs.usp.br/>

49 - Congressos SRV, WRVA e SBGAMES (Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital).

<http://www.sbgames.org/sbgames2017/>

50 - Informações sobre *Oculus Rift*, que são próprios para visualizações tridimensionais e as câmeras 360 graus para captar ambientes e que são sensores que fazem parte de visualizadores com o *Oculus Rift*. <https://www3.oculus.com/en-us/rift/>

51 - A UFSC tem alguns grupos de pesquisa e laboratórios que trabalham com Realidade Virtual e Aumentada, sendo que o principal está vinculado aos cursos de *Design*. <http://designlab.ufsc.br/>

52 - Acesse o endereço <https://ocul.us/compat-tool>, faça os testes e veja as recomendações da empresa *Oculus/Facebook*. São informações/checagens fundamentais para instalação e uso da versão imersiva da RVA-360, assim como do próprio *Oculus Rift*, que se faz necessário para a imersão total.

Abaixo um importante “*feedback*” que recebi de um dos fundadores da *Oculus/Facebook*. Pesquisador de RVA, Michael Abrash.

De: "michael abrash" xxxx@oculus.com

Para: "Carlos Roberto Franca" xxxx@uffs.edu.br

Enviadas: Sábado, 23 de junho de 2018 3:16:04

Assunto: Re: I rent oculus rift and the computer

Dear Carlos,

Thank you for the update. Your video shows good progress. Best of luck with your work!

Regards,

Michael

Apêndice 4 – Carteira de Registro de professor da década de 90

Eis aqui a comprovação de que na década de 90 os professores tinham que tirar a carteira de registro profissional, assim como acontece nos dias atuais com os advogados, médicos, engenheiros e outros. Na época era comum o Curso de licenciatura plena em Ciências Físicas e Biológicas com habilitação Matemática. É isso que consta na minha carteira de registro profissional, que considero histórica e por isso compartilho uma cópia da mesma com os leitores, principalmente os que nasceram no Século XXI.

