

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO PROFISSIONAL EM
EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

YURI BERRÍ AFONSO

**OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA
APLICADO À EDUCAÇÃO**

CURITIBA - 2017

YURI BERRÍ AFONSO

**OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA
APLICADO À EDUCAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias na linha de pesquisa: Formação Docente e Novas Tecnologias na Educação, da Escola Superior de Educação do Centro Universitário Internacional - UNINTER, como requisito à obtenção ao título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias.

Orientador: Prof. Dr. Alvino Moser
Coorientador: Prof. Dr. Germano Bruno Afonso

CURITIBA

2017

A257o Afonso, Yuri Berrí
Observatório Solar Indígena em realidade virtual
imersiva aplicado à educação / Yuri Berrí Afonso. - Curitiba,
2017.
102 f. : il. (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Alvin Moser
Coorientador: Prof. Dr. Germano Bruno Afonso
Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e
Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional
Uninter.

1. Observatório Solar Indígena. 2. Realidade virtual na
educação. 3. Tecnologia educacional. 6. Inovações
educacionais. I. Título.

CDD 522

Catálogo na fonte: Vanda Fattori Dias – CRB-9/547



uninter.com | 0800 702 0500

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO-PGPE
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO-ESE
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS
TECNOLOGIAS
Secretaria do Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias**

Defesa Nº 001/2017

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM
EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

Aos três dias do mês de março de 2017, às 09h00, 3º andar – sala 32 - do Campus Divina do Centro Universitário Internacional UNINTER, à Rua do Rosário, 147 em Curitiba-PR, reuniu-se a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias, composta pelos professores doutores: Alvino Moser (Presidente – Orientador – PPGENT/UNINTER), Jânia Duha (IFPR), Rodrigo Otávio do Santos (PPGENT/UNINTER) e Luana Priscila Wunsch (PPGENT/UNINTER) para julgamento da dissertação: “OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA APLICADO À EDUCAÇÃO”, do aluno Yuri Berri Afonso. O presidente abriu a sessão apresentando os professores membros da banca, passando a palavra em seguida ao mestrando, lembrando-lhe de que teria até vinte minutos para expor oralmente o seu trabalho. Concluída a exposição, passou-se à arguição. Concluída a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se e exarou Parecer Final de que o mestrando está apto a receber o título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias. O Presidente da Banca Examinadora declarou que o mestrando foi aprovado e cumpriu todos os requisitos para obtenção do título Mestre em Educação e Novas Tecnologias, devendo encaminhar à Coordenação, em até 90 dias, a contar desta data, a versão final da dissertação devidamente aprovada pelo professor orientador, no formato impresso e em CD-ROM. Encerrada a sessão, lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Banca Examinadora.

Alvino Mac

Alvino Meser
Presidente da Banca

Jânia Duha

Jânia Duha
Titular

Rodrigo

Rodrigo Otávio dos Santos
Titular

Luana Priscila Wunch
Suplente

Yuri Berri Afonso

Yuri Berri Afonso
Aluno

Recomendações: *Observar as observações da Banca*
Examinadora. Sabendo-se a importância
de incluir em um peto em pontos
demonstrativos, sabe que se aplica o Youtuber
ou outro peto de vídeo

Dedico esta dissertação aos povos indígenas
por me ensinaram outra cosmovisão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço do fundo do meu coração, ao meu pai, Germano, e à minha mãe, Kátia, por proporcionarem toda a estrutura familiar que alguém pode merecer nesta vida. Eles sempre apostaram nos meus sonhos e dedicaram seus esforços para que eu os realizasse. Também agradeço ao ilustre Professor Moser pela confiança depositada em mim e pelos bons momentos juntos.

“Não há saber mais ou saber menos: Há saberes diferentes”.

Paulo Freire.

RESUMO

O Observatório Solar Indígena é um equipamento que permite mostrar como os indígenas do Brasil determinam o meio-dia solar, os pontos cardeais e as estações do ano observando o movimento aparente do Sol, principalmente o nascer, a culminação e o pôr do Sol. Mas, a trajetória percorrida pelo Sol durante o dia é difícil de visualizar. Além disso, ela varia a cada dia do ano, até quando é observada do mesmo lugar. Para entender esse fenômeno necessita-se de uma abstração que aumenta a carga cognitiva do aluno. Com o objetivo de diminuir essa carga cognitiva, elaboramos um software que simula os movimentos aparentes do Sol em óculos de realidade virtual imersiva, para qualquer lugar e dia do ano. Essa tecnologia educacional facilita a visualização da trajetória do Sol para estudantes indígenas e não indígenas, não depende das condições climáticas e nem de eletricidade, além de ser facilmente transportável para lugares distantes e de difícil acesso.

Palavras-chave: Observatório Solar Indígena, Realidade Virtual Imersiva, Visualização, Tecnologia Educacional.

ABSTRACT

The Indigenous Solar Observatory is an equipment that allows to show how the indigenous of Brazil determine the solar noon, the cardinal points and the seasons of the year observing the apparent movement of the Sun, mainly the sunrise, the culmination and the sunset. The trajectory traversed by the Sun during the day is difficult to visualize. In addition, it varies every day of the year, until it is observed from the same place. To understand this phenomenon requires an abstraction that increases the cognitive load of the student. In order to reduce this cognitive load, we have developed a software that simulates the apparent movements of the sun in immersive virtual reality glasses, for any place and day of the year. This educational technology facilitates the visualization of the Sun's trajectory for indigenous and non-indigenous students, does not depend on weather conditions or electricity, and is easily transportable to distant and hard-to-reach places.

Keywords: Indigenous Solar Observatory, Immersive Virtual Reality, Visualization, Educational Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Esquema do Observatório Solar Indígena	21
Figura 2.2 - O Observatório Solar Indígena da Escola Municipal Indígena Tengatuí Marangatu.....	23
Figure 5.1. Modelo espiral do processo de software de Boehm.....	69
Figura 6.1 – Tela inicial do Unity 3D	76
Figura 6.2 – Criando um terreno no Unity 3D	77
Figura 6.3 – Posicionando objetos no terreno com Unity 3D	78
Figura 6.4 – Modelando o cubo no Unity 3D	79
Figura 6.5 – Alterando a rotação do objeto no Unity 3D	79
Figura 6.6 – Tela de construção do executável para plataforma windows	79
Figura 6.7 – Tela de aplicação das ferramentas externas ao Unity	85
Figura 6.8 – Tela de comando para identificação do dispositivo Android	86
Figura 6.9 – Local de instalação do arquivo de assinatura do dispositivo dentro do Unity 3	87
Figura 6.10 – Tela de integração de realidade virtual para dispositivos Android	88
Figura 6.11 – Observatório Solar Indígena dentro do Unity 3D	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CATLM	Teoria Cognitiva-Afetiva da Aprendizagem com a Mídia
ETNODOC	Edital de Apoio à Produção de Documentários Etnográficos sobre o Patrimônio Cultural Imaterial
NSV	Nascer-do-sol no Solstício do Verão
NSI	Nascer-do-sol no Solstício do Inverno
OAM	Objeto de Aprendizagem Multimodal
OSURVI	Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva
OVR	Óculos de Realidade Virtual
PSI	Pôr-do-sol no Solstício do Inverno
PSV	Pôr-do-sol no Solstício do Verão
UEMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFPR	Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 ENVOLVIMENTO PESSOAL COM A PESQUISA	14
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 SITUAÇÃO PROBLEMA	16
1.4 PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	16
1.5 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.6 ORGANIZAÇÃO FORMAL DO TRABALHO	18
CAPÍTULO 2 – O OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA	19
2.1 O GNÔMON	25
2.2 O MEIO-DIA SOLAR COM O GNÔMON	26
2.3 OS PONTOS CARDEAIS COM O GNÔMON	28
2.4 AS ESTAÇÕES DO ANO	28
2.5 AS ESTAÇÕES DO ANO PELO NASCER E PÔR-DO-SOL	30
2.6 AS ESTAÇÕES DO ANO PELA ALTURA DO SOL	30
2.6.1 AO SUL DO TRÓPICO DE CAPRICÓRNIIO	31
2.6.2 SOBRE O TRÓPICO DE CAPRICÓRNIIO	31
2.6.3 ENTRE O TRÓPICO DE CAPRICÓRNIIO E A LINHA DO EQUADOR	32
2.6.4 NA LINHA DO EQUADOR	32
2.6.5 ENTRE A LINHA DO EQUADOR E O TRÓPICO DE CÂNCER	33
CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTAÇÃO E REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA	34
CAPÍTULO 4 – TEORIA DA CARGA COGNITIVA E TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA	44
4.1 A TEORIA DA CARGA COGNITIVA DE JOHN SWELLER	45
4.2 AMBIENTES DE APRENDIZAGEM MULTIMODAIS INTERATIVOS	55
CAPÍTULO 5 – MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO	64
CAPÍTULO 6 – RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92
ANEXO I – DEMONSTRAÇÕES DO OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA	96

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 ENVOLVIMENTO PESSOAL COM A PESQUISA

O meu envolvimento com a astronomia começa no meu nascimento. Meu nome é Yuri, em homenagem ao cosmonauta russo Yuri Alekseevitch Gagarin (1934–1968), o primeiro homem a orbitar a Terra, a bordo da espaçonave Vostok I, em 1961. Recebi um nome russo por nascer com os cabelos claros, fato ocorrido somente comigo, pois minhas irmãs, que nasceram com os cabelos escuros, têm nomes indígenas, Anahí e Thayara, devido à nossa ascendência Guarani.

Sou bacharel em Comunicação Social, com ênfase em Publicidade e Propaganda, pela Universidade Tuiuti do Paraná e cursei Licenciatura em Educação Musical (não concluído), pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O conhecimento de astronomia e cultura indígenas foi algo natural na minha vida, pois desde criança tive contato com o conhecimento tradicional indígena, necessários para interpretar os movimentos da Lua, do Sol e de outras estrelas. Isso se deve a minha vivência com o meu pai, Germano Bruno Afonso, doutor em astronomia pela Universidade de Paris VI e pesquisador de astronomia indígena. Outra pessoa importante no meu interesse por astronomia ocidental (oficial) foi meu padrinho Jean-Louis Sagnier, Doutor em Astronomia e pesquisador do Observatório de Paris (*in memoriam*).

Frequentemente, acompanhava meu pai em suas observações do céu diurno e noturno. Nessas sessões práticas de astronomia, desenvolvi conhecimentos sobre os movimentos aparentes do Sol, as constelações indígenas e ocidentais, seus mitos e lendas, as fases da lua, os eclipses e as marés. Esse processo de desenvolvimento do conhecimento não pode ser considerado árduo, por ser muito prazeroso, mas foram necessários alguns anos de estudo para que eu pudesse conhecer as constelações indígenas sazonais, como a da Ema (de inverno) e a do Homem Velho (de verão), assim como aquelas formadas apenas por manchas escuras da Via-Láctea, como a do Nhanderu (Nosso Pai) e da Cabeça da Ema ou por manchas claras e as do Bebedouro da Anta e do Bebedouro do Porco do Mato.

Com cerca de 10 anos de idade, levado por meu pai, comecei a visitar as comunidades e a “pesquisar” a vida e cultura indígena. No começo eram apenas brincadeiras e interações sociais entre crianças de diferentes culturas, dividindo o mesmo espaço e atividades. Naturalmente, o interesse por compreender e valorizar as diferenças culturais foi aumentando a cada dia e com isso passei a trabalhar de forma mais “científica” nos encontros que eu tive com outras etnias.

A partir de 2003, trabalhei no planetário indígena itinerante, um projeto em que usávamos um planetário inflável, que construímos para ensinar astronomia indígena nas escolas indígenas e ocidentais. Por meio da projeção do céu virtual era possível apresentar as constelações indígenas e ocidentais; a mitologia e a cosmovisão de cada povo.

O atendimento neste planetário envolvia uma grande diversidade de público e as sessões eram realizadas em comunidades indígenas, escolas públicas e particulares, congressos, feiras e eventos.

O projeto teve cinco anos de duração e me permitiu a primeira experiência com o ensino de astronomia.

A partir de 2008, participei do projeto que chamamos de Observatório Solar Indígena (Cuaracy Ra’angaba, em tupi-antigo), que consiste de uma réplica de monumentos rochosos, que foram encontrados em sítios arqueológicos e que os povos indígenas possivelmente utilizavam para observar os movimentos aparentes do Sol, para determinar o meio-dia solar, os pontos cardeais e as estações do ano. Esse observatório foi construído em museus, universidades e, principalmente, em escolas indígenas.

O projeto era utilizado, também, para realizar cursos de astronomia indígena (etnoastronomia) nas escolas indígenas. Ou seja, além do trabalho de pesquisa participativa que realizávamos com os indígenas sobre seus conhecimentos, havia também a preservação da cultura indígena dentro das próprias comunidades.

Em 2008, a lei nº 11.645 tornou obrigatório o ensino de história e cultura afro-brasileira e indígena em todas as disciplinas e em todos os estabelecimentos de ensino fundamental e médio (BRASIL, 2008). Ela assinala o quadro de intenções da parte do Estado brasileiro em eliminar o racismo e a discriminação racial, principalmente contra

negros e indígenas. Porém, sua implementação é difícil, principalmente pela falta de formação de professores e de materiais didáticos. Essa lei me incentivou ainda mais a continuar trabalhando com pesquisa e ensino dos conhecimentos tradicionais indígenas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A trajetória percorrida pelo Sol durante o dia é difícil de visualizar sem o uso de instrumentos ópticos. Além disso, ela varia a cada dia do ano, até quando é observada do mesmo lugar. Isso dificulta o ensino aprendizagem do Observatório Solar Indígena Para visualizar esse fenômeno, elaboramos uma tecnologia educacional que chamamos de Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva (OSIRVI). Ele consiste de um software que simula os movimentos aparentes do Sol em óculos de realidade virtual imersiva, para qualquer lugar e dia do ano. Essa tecnologia educacional facilita a visualização da trajetória do Sol para estudantes indígenas e não indígenas, não depende das condições climáticas e nem de eletricidade, além de ser facilmente transportável para lugares distantes e de difícil acesso.

1.3 SITUAÇÃO PROBLEMA

As experiências com o Observatório Solar Indígena nos mostraram que, usando esse equipamento, a visualização dos movimentos aparentes do Sol, acima do horizonte, é muito abstrata, principalmente para as crianças, dificultando o ensino-aprendizagem.

Assim, a situação problema a ser investigada nesta pesquisa é a seguinte:

Como proceder para que as pessoas visualizem os movimentos aparentes do Sol, em qualquer lugar e em qualquer data, como se elas se encontrassem no centro do Observatório Solar Indígena?

1.4- PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Desde 2009, tínhamos como proposta de resolução dessa situação problema desenvolver um observatório solar indígena em realidade virtual, com imersão, que permitisse visualizar os movimentos aparentes do Sol. Na época, os equipamentos e os softwares necessários para desenvolver esse observatório virtual ainda não existiam no mercado e a ideia permaneceu “encostada” por alguns anos.

Em 2015, com a chegada do “Óculos Rift” ao mercado brasileiro, bem como de softwares com interfaces que permitem o desenvolvimento desses produtos, se tornou possível trabalhar com a realidade virtual imersiva. Agora, com um bom computador pessoal e os dispositivos existentes de realidade virtual é possível desenvolver o observatório solar indígena virtual.

Esta dissertação é uma proposta de inovação tecnológica educacional, pois adaptamos para ser utilizado na Educação um equipamento que foi desenvolvido principalmente para games

1.5 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral desta dissertação é desenvolver um software do Observatório Solar Indígena, em realidade virtual imersiva, que permita visualizar os movimentos aparentes do Sol, em qualquer época do ano e de qualquer lugar, através da simulação desses movimentos, como mediador do ensino-aprendizagem desse conteúdo.

Os objetivos específicos são:

- 1 - observar as reações de alunos e professores, indígenas e ocidentais, no envolvimento com a realidade virtual como mediação no ensino-aprendizagem do Observatório Solar Indígena;
- 2 - auxiliar na implementação da lei nº 11.645/2008, utilizando o Observatório Solar Indígena de Realidade Virtual Imersiva como apoio prático, no ensino de história e cultura indígenas, principalmente nas disciplinas de Ciências e Geografia do Ensino Fundamental;
- 3 - tornar mais interessante, para os nativos digitais, o estudo dos conhecimentos tradicionais indígenas;

4 - utilizar a tecnologia educacional desenvolvida como uma nova maneira de divulgar a ciência.

1.6 ORGANIZAÇÃO FORMAL DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada formalmente da seguinte maneira:

O primeiro capítulo, intitulado “Introdução”, destina-se à descrição do meu envolvimento pessoal, justificativa, situação problema, proposta de resolução da situação problema e dos objetivos da pesquisa.

O Capítulo 2, “O observatório Solar Indígena”, descreve o Observatório Solar Indígena e mostra como determinar o meio-dia solar, os pontos cardeais e as estações do ano, com base na observação dos movimentos aparentes do Sol.

O capítulo 3, “Experimentação e Realidade Virtual”, coloca algumas questões relacionadas às atividades práticas e discute a importância da experimentação e da simulação no processo de construção do conhecimento. Ele mostra como a tecnologia da realidade virtual imersiva pode ser utilizada na Educação, como mediadora do ensino-aprendizagem, auxiliando ou até mesmo substituindo, algumas atividades práticas.

O capítulo 4, “Teoria da Carga Cognitiva e Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia”, apresenta os conceitos e princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer e da Teoria da Carga Cognitiva de John Sweller, que foram fundamentais para o desenvolvimento da tecnologia educacional aplicada desse projeto, cujo objeto é o Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva, pois descrevem diferentes formas de visualização e linguagem, que podem contribuir no aprimoramento do ensino-aprendizagem com a utilização da mídia.

O capítulo 5, “Modelo de Desenvolvimento do Software de Simulação”, descreve o Modelo Espiral de Desenvolvimento de Software de Boehm, que foi utilizado na construção e modificações do software de simulação dos movimentos aparentes do Sol do Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva.

Encerramos a dissertação com as “Considerações Finais”.

CAPÍTULO 2 – O OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA

Em alguns sítios arqueológicos do Brasil, foram encontrados e estudados diversos monumentos constituídos por uma rocha vertical situada no centro de uma circunferência formada por rochas menores (seixos). Dessa rocha vertical, partem alinhamentos de seixos orientados para os pontos cardeais e para as direções do nascer e pôr do Sol no início do inverno e do verão (solstícios). Há, também, duas linhas de seixos orientadas para os pontos cardeais leste e oeste, que fornecem, respectivamente, a orientação do nascer e do pôr do sol nos dias do início da primavera e do outono (equinócios) (AFONSO, 2016).

Alexander Romanovich Luria (1902-1977) foi o primeiro a estudar, na prática, o desenvolvimento cognitivo, em outras culturas (LURIA, 1990). Sua pesquisa sobre fundamentos culturais do desenvolvimento cognitivo se dirige à investigação de diferentes modalidades de funcionamento intelectual presentes em diferentes grupos sociais. Ela reúne dados coletados nos anos de 1931 e 1932 por Luria e uma equipe de pesquisadores na Ásia Central (Uzbequistão e Quirguistão) com o objetivo de investigar como os processos psicológicos superiores são construídos em diferentes contextos culturais. Uma das principais conclusões de Luria foi:

“Os sujeitos mais escolarizados e envolvidos em situações de trabalho coletivizado e modernizado tenderam a lidar melhor com os atributos genéricos e abstratos dos objetos, enquanto que aqueles analfabetos ou pouco escolarizados e vinculados aos modos de trabalho tradicional reportavam-se a contextos concretos e a experiências particulares para balizar seu processo de raciocínio.” (LURIA, 1990).

Esse trabalho pioneiro é considerado um clássico no campo dos estudos interculturais, consistindo em referência obrigatória para aqueles que se ocupam do estudo das relações entre contextos culturais e funcionamento psicológico. Por isso o utilizamos como principal referência na metodologia de nossas pesquisas de campo com indígenas.

Em conversa informal, perguntamos a diversos líderes religiosos dos Guarani (pajés) o significado da configuração do Observatório Solar Indígena. Eles responderam que, de acordo com a cosmovisão Guarani, a circunferência representa o planeta Terra;

as rochas menores da circunferência de pedra representam a fauna, a flora e os seres humanos; a grande rocha representa o deus principal Guarani (Nosso Pai) e as quatro raias de rochas menores, que partem da grande rocha nas direções dos pontos cardeais, representam os quatro deuses que ajudaram o deus principal a criar a Terra e os seus habitantes.

Eles também nos informaram que, ainda atualmente, quando o Guarani dorme ao relento, fora da aldeia, ele crava no solo quatro grandes flechas, em torno de seu leito, na direção dos pontos cardeais, pedindo a proteção dos deuses para que os animais, principalmente as onças, não o ataquem.

Devido à relação desses monumentos rochosos com os movimentos aparentes do Sol, demos-lhes o nome de Observatório Solar Indígena (Figura 2.1).

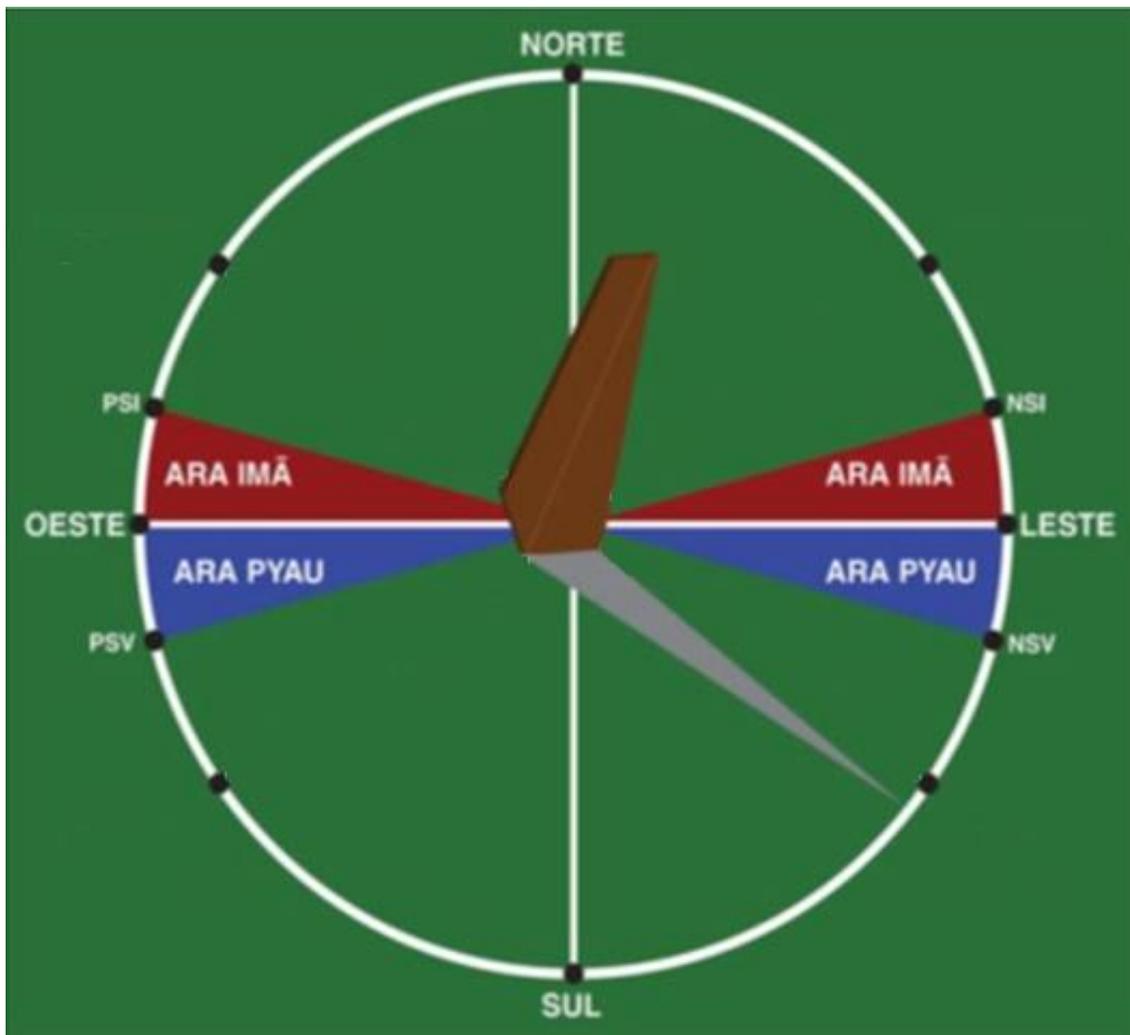


Figura 2.1 - Esquema do Observatório Solar Indígena

Na Figura 2.1 temos:

NSV = Nascer-do-sol no Solstício do Verão;

PSV = Pôr-do-sol no Solstício do Verão;

Leste = Nascer-do-sol no Equinócio da Primavera e do Outono;

Oeste = Pôr-do-sol no Equinócio da Primavera e do Outono;

NSI = Nascer-do-sol no Solstício do Inverno;

PSI = Pôr-do-sol no Solstício do Inverno.

Para os Guarani, do sul do Brasil, o intervalo de tempo que vai da primavera ao verão e depois para o outono é chamado de Ara Pyau (tempo novo ou tempo bom), pois é calor e há alimentos. Por outro lado, o intervalo de tempo que vai do outono ao verão e depois para a primavera é chamado de Ara Imã (tempo velho ou tempo ruim), pois é frio e há escassez de alimentos.

Em geral, as aulas sobre História e Cultura Indígena são teóricas. Assim, para ajudar na compreensão do conteúdo teórico ministrado, principalmente em relação aos conhecimentos tradicionais sobre Astronomia desses povos, idealizamos e construímos réplicas do Observatório Solar Indígena em universidades e museus de várias regiões do Brasil.

Em Dourados, MS, por exemplo, construímos três réplicas desses observatórios: o primeiro na sede da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UEMS); o segundo na Escola Municipal Indígena Tengatuí Marangatu, localizada na comunidade indígena Jaguapiru (Figura 2.2) e a terceira na Escola Municipal Indígena Pa'i Chiquito-Chiquito, localizada na comunidade indígena Panambizinho.



Figura 2.2 - O Observatório Solar Indígena da Escola Municipal Indígena Tengatuí Marangatu

Neste capítulo, explicamos os princípios de funcionamento do Observatório Solar Indígena. Ele foi baseado principalmente em dois trabalhos: no livro “Etnoastronomia dos Índios Guarani da Região da Grande Dourados, MS” (AFONSO, 2016) e no documentário Cuaracy Ra’angaba (VELHO e AFONSO, 2014), tendo em vista que o conteúdo deles foi de fundamental importância para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado. Além disso, participei parcialmente da pesquisa de campo que resultou no livro e integralmente na filmagem do documentário.

O livro, bilíngue português-guarani, foi escrito e distribuído para professores indígenas, com o apoio do MCTI/CNPq e o documentário foi produzido com o apoio do Edital de Apoio à Produção de Documentários Etnográficos sobre o Patrimônio Cultural Imaterial (Etnodoc).

Para visualizar os movimentos aparentes do Sol, descritos a seguir, como vistos do Observatório Solar Indígena, em cada época e lugar, desenvolvemos um software de simulação desses movimentos em realidade virtual.

2.1 O GNÔMON

Quase todos os registros dos movimentos aparentes do Sol eram obtidos pelos povos antigos através de um dos mais simples e antigos instrumentos de astronomia: o gnômon vertical ou haste do relógio solar. Ele consiste de uma haste cravada verticalmente no solo, da qual se observa a sombra projetada pelo Sol sobre um terreno horizontal. O gnômon foi utilizado também nas civilizações maiores: no Egito (obeliscos) no século 15 a.C.; na China no século 11 a.C.; na Grécia no século 7 a.C. e em diversas outras partes do mundo. O gnômon, simples bastão vertical, teve então um papel muito importante e às vezes subestimado no desenvolvimento da astronomia.

Podemos construir um gnômon com um pedaço de madeira (cabo de vassoura, por exemplo) cravado verticalmente no solo. Para verificarmos se a madeira se encontra na vertical, amarramos uma pedra em um barbante (fio de prumo) e a suspendemos ao lado da madeira. Se a madeira ficar paralela ao barbante, ela se encontra na vertical do lugar e constituirá a haste do gnômon.

Podemos também fincar verticalmente um espetinho de churrasco em um isopor plano. Esta alternativa tem a vantagem de poder ser construída em sala de aula e de ser facilmente transportável, para observações que devem ser feitas fora da sala de aula.

Os indígenas brasileiros determinavam o meio-dia solar, os pontos cardeais e as estações do ano utilizando o gnômon, chamado de Kuarahy Ra'anga, em guarani e Cuaracy Ra'angaba em tupi antigo. Em geral, ele era feito de madeira ou de uma grande rocha isolada, chamada de menir ou monólito, colocada verticalmente em um terreno horizontal.

Um tipo de gnômon indígena encontrado no Brasil, em diversos sítios arqueológicos, é constituído de um bloco de rocha bruta, disposto verticalmente no solo, pouco trabalhado artificialmente, com cerca de 1,50 metros de altura,

aproximadamente em forma de tronco de pirâmide e talhado para os quatro pontos cardeais. Esse gnômon aponta verticalmente para o ponto mais alto do céu (chamado zênite), sendo que as suas faces maiores ficam voltadas para a linha norte-sul e as menores para a leste-oeste, podendo fornecer os pontos cardeais mesmo na ausência do Sol.

2.2 O MEIO-DIA SOLAR COM O GNÔMON

Para determinar o meio-dia solar, verifica-se que, ao nascer-do-sol, no lado leste, a sombra de uma haste vertical é enorme, ficando do lado oeste. O Sol e a sombra da haste sempre se encontram de lados opostos. À medida que o Sol vai subindo, em relação ao horizonte, a sombra vai diminuindo até um comprimento mínimo, quando o Sol atinge sua máxima elevação diária, chamada Culminação Solar.

Depois, o Sol passa para o lado oeste e a sombra da haste também muda de lado, passando para o lado leste. À medida que o Sol vai descendo, a sombra da haste vai aumentando, até o pôr do sol.

O *Meio-Dia Solar* é o instante em que o Sol, em seu movimento aparente diurno, atinge a sua elevação máxima diária (culminação) e a sombra de um gnômon atinge o seu comprimento mínimo. Ele é o instante médio do nascer e do pôr do sol em um determinado local (Natureza) e não tem nenhuma relação com o meio-dia (12h) de nossos relógios (convencional). Em geral, o meio-dia solar ocorre entre uma hora antes e uma hora depois do meio-dia dos relógios convencionais, dependendo do lugar de observação. Além disso, existem pequenas diferenças de tempo nos instantes em que ocorre o meio-dia solar, nos diversos dias do ano, para um mesmo lugar, porque o valor da velocidade do movimento de translação da Terra (revolução) em torno do Sol, não é constante.

No Brasil, além dos indígenas, há muitas pessoas que utilizam uma haste na vertical (gnômon), principalmente para determinar o horário do almoço, sem o relógio. Entre elas, temos agricultores, pescadores e até jovens frequentadores de praia. Em geral, quando questionadas como aprenderam esse método, elas respondem que pela

da observação dos movimentos aparentes do Sol e, conseqüentemente, da sombra projetada pela haste vertical.

2.3 OS PONTOS CARDEAIS COM O GNÔMON

Ao Meio-Dia Solar, o Sol passa do lado leste para o lado oeste, localizando-se exatamente sobre a linha norte-sul. Nesse instante, a sombra mínima de uma haste vertical sempre se localiza na direção oposta ao Sol.

Para determinar a linha norte-sul ou a sombra mínima, marcamos e medimos a extremidade da sombra em um determinado instante, antes do meio-dia solar, a partir de uma haste vertical. Desenhamos uma circunferência em torno da haste, tendo como raio o comprimento da sombra no instante medido. Depois de atingir o comprimento mínimo (meio-dia solar), esperamos que a sombra volte a crescer até atingir o mesmo comprimento da primeira medida e, novamente, marcamos a sua extremidade. Com uma trena, medimos a distância entre esses dois pontos de mesmo comprimento e marcamos o ponto médio, que, juntamente com a haste, fica na linha norte-sul (Figura 2.02). A sombra apontará para o ponto cardinal sul ou norte, dependendo da localização do gnômon e do dia do ano.

Os pontos cardiais podem ser obtidos da seguinte maneira: sobre a linha norte-sul, apontamos o nosso braço direito, estendido, para o lado em que o Sol nasce e, conseqüentemente, ficamos de frente para o ponto cardinal norte, na linha norte-sul. Assim, à nossa frente temos o ponto cardinal norte, às nossas costas o sul, à direita o leste e à nossa esquerda o ponto cardinal oeste.

Não devemos esquecer que a lua cheia também projeta a sombra de uma haste vertical. Assim, a determinação dos pontos cardiais com o gnômon pode ser feita, também, duas noites antes, durante e duas noites depois da noite de lua cheia.

2.4 AS ESTAÇÕES DO ANO

As linhas dos Trópicos de Capricórnio e de Câncer limitam a região da superfície da Terra na qual o Sol “passa a pino”, isto é, pelo zênite do observador (altura igual a

90 graus), ao meio-dia solar, em dois dias do ano. Quando o Sol, ao meio-dia solar, passa a pino para observadores que se encontram sobre o Trópico de Capricórnio é o início do verão no Hemisfério Sul e do inverno no Hemisfério Norte. Quando ele se encontra sobre o Trópico de Câncer, é verão no Hemisfério Norte e inverno no Hemisfério Sul. O Sol passa pelo zênite, sobre a linha do Equador, no início do outono e da primavera, lembrando que, quando for outono ou primavera em um dos hemisférios, é primavera ou outono no outro e vice-versa.

A Terra move-se em torno do Sol, de oeste para leste, em um movimento chamado de Translação ou de Revolução. Visto da Terra, parece que é o Sol que efetua esse movimento de translação, sendo que o tempo que nossa estrela leva para completar uma volta em torno da Terra é cerca de 365,25 dias, chamado de Ano Trópico ou Ano das Estações. O movimento anual aparente do Sol, entre as estrelas, ocorre no sentido oeste-leste.

Para determinar o sentido oeste-leste dos movimentos de rotação e de translação da Terra, podemos utilizar a regra da mão direita: apontando o dedo polegar da mão direita para o Polo Norte, os outros dedos, fechados, fornecem o sentido oeste-leste.

Os antigos astrônomos não sabiam que era a Terra que orbitava em torno do Sol (movimento de translação). Ao nascer e ao pôr do Sol, eles observavam que a posição do Sol mudava, dia a dia, em relação às estrelas fixas, em um movimento cíclico de um ano. Eles perceberam que os eclipses solares e lunares apenas ocorriam quando a Lua estava próxima dessa trajetória do Sol entre as estrelas, no céu. Devido a essa relação com os eclipses, eles denominaram essa trajetória aparente do Sol de eclíptica. Mais tarde, verificaram que a eclíptica, na realidade, consiste no plano da órbita da Terra em torno do Sol. Ela fornece uma referência útil para comparar outras órbitas, pois é próximo à eclíptica que observamos a Lua e os outros planetas do nosso Sistema Solar, todos eles transladando no sentido oeste-leste.

Sabemos que a duração do dia varia durante o ano, principalmente fora dos Trópicos. Por exemplo, os dias são mais longos no verão que no inverno, podendo levar a crer que há uma variação na rotação da Terra. No entanto, isso ocorre devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à reta perpendicular ao plano de sua

órbita em torno do Sol (eclíptica). O valor dessa inclinação é de aproximadamente $23^{\circ} 27'$. Em outras palavras: o plano do equador terrestre é inclinado de $23^{\circ} 27'$ em relação ao plano da eclíptica.

Algumas pessoas acreditam que as estações são causadas pelo fato da órbita da Terra não ser uma circunferência perfeita. Eles afirmam que, quando a Terra está mais afastada do Sol, temos o inverno, e quando ela está mais próxima do Sol, temos o verão. De fato, quando é verão no Hemisfério Sul, a Terra está mais próxima do Sol do que no inverno. No entanto, a órbita da Terra em torno do Sol (eclíptica) forma praticamente uma circunferência com o Sol se localizando próximo ao centro. Assim sendo, aquela afirmação está errada, tendo em vista que a diferença dessas distâncias é muito pequena (menor que 4%), pouco influenciando pouco na diferença de temperaturas. Além disso, devemos notar que, quando é verão no Hemisfério Norte, a Terra está mais distante do Sol do que no inverno.

O eixo de rotação da Terra aponta sempre na mesma direção, isto é, ele permanece sempre paralelo a si próprio, durante o movimento de translação da Terra, em torno do Sol. Assim, a Terra aponta alternadamente seus hemisférios norte e sul em direção ao Sol em cerca de seis meses.

O hemisfério que está apontando na direção do Sol recebe maior quantidade de energia solar. Os dias são mais longos do que as noites; além disso, a luz solar é mais intensa, já que ela é recebida com maior inclinação em relação ao horizonte do observador. Nesse hemisfério é verão, enquanto que o hemisfério apontando na direção oposta ao Sol experimenta o inverno.

Durante a primavera e o outono, o eixo de rotação da Terra também está apontando na mesma direção, mas não tem nenhum dos dois lados inclinados para o Sol. Por isso, nessas estações, as temperaturas são moderadas em ambos os hemisférios.

Portanto, o que realmente causa as estações do ano é a inclinação constante do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da sua órbita em torno do Sol.

As estações do Hemisfério Sul são opostas às do Hemisfério Norte. Entretanto, devido à maior porcentagem de água dos oceanos existente no Hemisfério Sul, nossas estações são menos severas. Além disso, em ambos os hemisférios, existe uma

diferença de tempo entre o período em que a Terra recebe mais luminosidade e em que é mais quente. Isto se deve ao fato de que os oceanos absorvem imensas quantidades de calor, liberando-as mais tarde. Por isso não é tão quente durante o início do verão, quando mais luminosidade é recebida, e sim mais tarde, no meio da estação do verão. Em Curitiba (PR), por exemplo, situada ao sul do Trópico de Capricórnio, embora a maior altura atingida pelo Sol e a maior duração do dia ocorram no dia do início do verão, aproximadamente 22 de dezembro, o dia mais quente do ano ocorre próximo do primeiro dia do mês de fevereiro.

2.5 AS ESTAÇÕES DO ANO PELO NASCER E PÔR-DO-SOL

O dia do início de cada estação do ano é obtido através da observação do nascer ou do pôr-do-sol, sempre de um mesmo lugar, por exemplo, de um gnômon. O Sol sempre nasce do lado leste e se põe do lado oeste. No entanto, somente nos dias do início da primavera e do outono, o Sol nasce exatamente no ponto cardeal leste e se põe exatamente no ponto cardeal oeste.

Para um observador no Hemisfério Sul, em relação à linha leste-oeste, o nascer e o pôr do sol ocorrem um pouco mais para o norte no inverno e um pouco mais para o sul no verão (Figura 2.1).

O tempo gasto pelo Sol para nascer (ou se pôr) duas vezes, consecutivamente, em um mesmo ponto extremo, em relação à linha leste-oeste, é de um ano. Esse ponto extremo pode ser atingido no dia de solstício (dia do início do inverno ou do verão).

Utilizando rochas, por exemplo, podemos marcar as direções dos quatro pontos cardiais, do nascer e do pôr do sol no início das estações do ano.

2.6 AS ESTAÇÕES DO ANO PELA ALTURA DO SOL

Em geral, as experiências utilizando o gnômon, encontradas na literatura, são válidas apenas para regiões situadas ao norte do Trópico de Câncer ou ao sul do Trópico de Capricórnio, onde a observação do movimento aparente do Sol é bem mais simples.

Assim, fazemos uma análise detalhada da determinação das estações do ano, com o gnômon, considerando diversas latitudes, tendo em vista que a maioria das cidades brasileiras localiza-se entre os trópicos.

A altura máxima do Sol, ao meio-dia solar, que chamamos de culminação solar, e a direção em que o Sol se encontra nesse instante, em cada estação do ano, variam com a localização do observador. A seguir, apresentamos a posição da culminação do Sol correspondente ao dia do início de cada estação do ano, em diferentes regiões brasileiras.

2.6.1 AO SUL DO TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO

Ao sul do Trópico de Capricórnio, como em Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, o Sol culmina na direção de ponto cardeal norte em todas as estações e dias do ano. Ele passa mais alto no início do verão e mais baixo no início do inverno. Nos equinócios (dia do início da primavera e do outono), o Sol passa na altura média dos solstícios (dia do início do verão e do inverno).

Nessa região, o Sol nunca passa a pino (no zênite) e, conseqüentemente, a sombra de uma haste vertical sempre apontará para o sul, ao meio-dia solar, em qualquer dia do ano.

Quando o comprimento da sombra projetada pela haste for maior, temos o início do inverno, e quando ele for menor, temos o início do verão. Nos equinócios (dia do início da primavera e do outono), o comprimento da sombra fica entre esses dois comprimentos extremos, mas não exatamente no meio. Em locais muito próximos do Trópico de Capricórnio, tal como em Curitiba, a haste praticamente não projeta sombra, no dia do início do verão, ao meio-dia solar.

2.6.2 SOBRE O TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO

Sobre o Trópico de Capricórnio, onde ficam, por exemplo, os municípios de Ubatuba (SP), São Paulo (SP), Sorocaba (SP), Londrina (PR), Maringá (PR), Apucarana (PR), Iguatemi (MS), Amambaí (MS) e Coronel Sapucaia (MS), o Sol

culmina na direção do ponto cardeal norte na primavera, no outono e no inverno. No início do verão (solstício do verão), o Sol culmina no zênite, isto é, perto do dia 22 de dezembro ele passa a pino. No começo da primavera e do outono, a altura do Sol é a mesma e fica no meio da altura máxima do verão e da altura mínima do inverno.

No dia do início do verão, uma haste vertical não projeta sombra. Nos outros dias, a sombra da haste sempre apontará para o sul, ao meio-dia solar.

2.6.3 ENTRE O TRÓPICO DE CAPRICÓRNIO E A LINHA DO EQUADOR

Entre o Trópico de Capricórnio e a Linha do Equador, onde se localiza a maioria das cidades brasileiras, como Dourados (MS), Brasília (DF), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA), a culminação do Sol no inverno, na primavera e no outono continua a ocorrer sobre a direção do ponto cardeal norte, mas a culminação no dia do início do verão ocorre na direção do ponto cardeal sul. A altura do Sol é menor no inverno e maior no verão, ao meio-dia solar. Dependendo do local e do dia do ano, ao meio-dia solar, o Sol pode culminar ao norte e a sombra apontar para o sul ou vice-versa.

Em dois dias do ano, o Sol culmina no zênite: quando está indo da primavera para o verão e quando está voltando do verão para a primavera. Conseqüentemente, uma haste vertical não projeta sombra, ao meio-dia solar, nesses dois dias. Perto do Trópico de Capricórnio, como em Dourados (MS), os dias em que o Sol atinge o zênite ficam próximos do solstício de verão, alguns dias antes e alguns dias depois. Nessa cidade, esses dias são: 3 de dezembro e 8 de janeiro. Dois dias antes e dois dias depois dessas duas datas, o Sol também fica praticamente a pino.

Nessa região, a observação da sombra mínima é menos evidente, pois no verão do hemisfério sul, ao meio-dia solar, o Sol se encontra no sul e a sombra no norte. No dia do início das outras três estações do ano, ao meio-dia solar, o Sol se encontra no norte e a sombra ao sul.

2.6.4 NA LINHA DO EQUADOR

Na Linha do Equador, como em Macapá (AP), São Gabriel da Cachoeira (AM) e Linha do Equador (RR), as trajetórias diurnas do Sol são perpendiculares ao plano do horizonte, isto é, o Sol sobe em linha reta do lado leste e desce também em linha reta, do lado oeste.

A culminação no inverno ocorre na direção do ponto cardeal norte e a do verão na direção do ponto cardeal sul.

O Sol culmina no zênite nos dias do início da primavera e do outono, sendo que uma haste vertical não projeta sombra nesses dois dias de equinócio. É interessante perceber que a alturas do Sol no início do verão e no início do inverno (solstícios) são iguais, na mesma altura, mas em direções opostas.

2.6.5 ENTRE A LINHA DO EQUADOR E O TRÓPICO DE CÂNCER

Perto da Linha do Equador, onde se localizam, por exemplo, as cidades de Belém (PA), Manaus (AM) e Boa Vista (RR), ao meio-dia solar, o Sol também passa pelo zênite em dois dias do ano, próximos dos dias dos equinócios e, conseqüentemente, a haste não projeta sombra nesses dias.

No Hemisfério Norte (ao norte da Linha do Equador), as estações do ano são invertidas em relação àquelas do Hemisfério Sul (sul da Linha do Equador). Para visualizar as trajetórias do Sol no Hemisfério Norte, basta trocarmos os pontos cardeais Norte, Sul, Leste e Oeste das figuras ao sul do Hemisfério Sul pelos pontos cardeais Sul, Norte, Oeste e Leste, respectivamente.

Entre o Trópico de Câncer e a Linha do Equador, onde se localiza, por exemplo, a cidade Boa Vista (RR), o Sol culmina sobre a direção do ponto cardeal sul, no início do inverno, da primavera e do outono. Ele culmina sobre a direção do ponto cardeal norte, no dia do início do verão. A altura do Sol é menor no inverno e maior no verão, ao meio-dia solar.

Dependendo do local e do dia do ano, ao meio-dia solar, o Sol pode culminar ao norte e a sombra apontar para o sul ou vice-versa. Em dois dias do ano, o Sol culmina no zênite: quando está indo da primavera para o verão e quando está voltando do verão para a primavera. Nesses dias, uma haste vertical não projeta sombra ao meio-dia

solar, isto é, perto do dia 22 de junho ele passa a pino e uma haste vertical não projeta sombra.

CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTAÇÃO E REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA

Desde os tempos mais remotos a humanidade recorre à experimentação e à simulação para fazer ciência. A medicina primitiva baseava-se na tentativa e erro, fazendo uso da experimentação para realizar descobertas relevantes. Na educação, a simulação sempre constituiu papel importante na transmissão de conhecimentos e no preparo das novas gerações para encarar os desafios da vida cotidiana.

Platão fez referência ao simulacro como modelo de conhecimento, e ressaltou que o mesmo pode iludir os sentidos e também a consciência. Seu discípulo, Aristóteles, destacava a importância da experimentação na prática das ciências. Para ele, a experimentação é fundamental, já que aquele que tem o conhecimento sem a experiência pode ignorar o particular contido no universal e dessa forma cometer erros no seu entendimento (ARISTÓTELES, 1979).

Aristóteles era grande defensor do empirismo e da observação da natureza, fonte que orientou o homem desde a pré-história até os tempos modernos. Ele dividia o fazer ciência em duas etapas: a Analítica e a Dialética. Na analítica o sujeito realiza a observação crítica do fenômeno, e na dialética ele desenvolve a explicação para o fenômeno. Apesar de duas etapas distintas, o fazer ciência não existe sem as duas, pois o conhecimento só se materializa quando é transmitido; sendo a mesma diferença entre uma ideia criativa (que materialmente não existe) e um projeto ou produto criativo (que é tangível). Ao longo desse período surgiram diversos pensadores que definiram e delimitaram a construção do saber de diversas maneiras. A ciência Aristotélica sofreu duros golpes ao longo do tempo; seu modelo geocêntrico foi devastado por Copérnico, a experimentação ganhou um novo sentido desde que Galileu passou a crer apenas nos elementos que podiam ser mensuráveis para se fazer ciência com segurança, e Newton matematizou a linguagem da Ciência.

Apesar das novas ciências da cognição, neurociências e tecnologia cada vez mais avançadas encontrarem novas explicações sobre a mente humana, boa parte do que entendemos por construir o conhecimento está relacionada a ser exposto a um determinado fenômeno, observá-lo e criar uma forma de entendê-lo ou explicá-lo: analítica e dialeticamente. Não que seja necessário sacrificar outras formas de se

entender a construção do conhecimento, mas de forma simplificada as ideias de Aristóteles, ainda hoje, são válidas no que se refere à construção do saber.

Este capítulo apresenta algumas questões relacionadas às atividades práticas e discute a importância da experimentação e da simulação no processo de construção do conhecimento. Ele discute algumas definições de realidade virtual e mostra como a tecnologia da realidade virtual imersiva pode ser utilizada como mediadora do ensino-aprendizagem, auxiliando, ou até mesmo substituindo, algumas atividades práticas.

Algumas vezes, não despertamos no aluno o que ele tem de único, que é a sua própria forma de interpretar os fatos que lhe são apresentados. O ensino se torna algo tedioso quando o objeto e o sujeito não convivem no mesmo ambiente. Por exemplo: em uma aula de física em que se trabalha a questão da velocidade média, quantas vezes vemos um professor com uma fita métrica e um cronômetro nas mãos? Em resumo, o aluno não observa o fenômeno, não faz sua análise, não coleta os dados, apenas utiliza uma fórmula matemática, que foi pré-estabelecida pelo método didático.

Dessa forma, o aluno não percorre as etapas de analítica e dialética, ele simplesmente segue um trilho proposto pelo professor e pelo material didático, o que faz dele um passageiro no processo do saber. Nesse processo, o livro e o professor são os detentores de todo o conhecimento e o aluno é passivo. Esse formato relembra às características da educação bancária descrita por Paulo Freire (1982).

A experimentação deve ser utilizada para que todos participem de forma ativa do processo de construção do conhecimento. As fórmulas não podem ser apresentadas prontas, as cabeças devem pensar. Alunos e professores devem se engajar e procurar juntos as soluções que elevam o saber. O processo de construção do conhecimento deve ser um curso percorrido por professores e alunos como forma de descoberta e não como se fossem orientados por um mapa ou um GPS.

No que diz respeito à astronomia é nítido como a experimentação muitas vezes é deixada de lado. Em nosso currículo falamos sobre os planetas do sistema solar e em algum momento estudamos buracos negros e a composição química do Sol. Esse conhecimento não deve ser substituído, mas quantas vezes professor e aluno observam o Sol de forma prática e crítica? O que sabemos sobre nosso astro rei, e quanto desse conhecimento são relevantes? O Sol é nossa única estrela diurna e mal

conhecemos sua trajetória, ou as informações que ele pode nos proporcionar. Acreditamos que tal falha do sistema de ensino não deve ser atribuída aos altos custos, já que diversas atividades práticas, possíveis em nosso currículo, não exigem verba, mas métodos.

A experimentação é fundamental para que o aluno construa seu saber. As atividades práticas permitem que o aluno experimente e observe os fenômenos e dessa forma construa seu próprio conhecimento, além de promoverem o engajamento e o interesse pelo saber.

A importância da experimentação e das atividades práticas já não é novidade no processo de ensino-aprendizagem, por outro lado a informática é uma das mais novas ferramentas no campo da educação. Ela evoluiu a um ponto em que podemos desenvolver diversos tipos de interações e manipulações, incluindo atividades práticas em um mundo virtual.

Não faz muito tempo que os documentos escolares tinham aquele cheiro característico dos produtos usados no mimeógrafo e, atualmente, já dispomos de diversos recursos e dispositivos com capacidades que mal conseguimos explorar. Quando a informática foi introduzida, era comum que os professores terceirizassem a digitação de provas por não saberem usar o computador, hoje profissionais de todas as áreas necessitam de um mínimo de conhecimento no uso dos computadores.

No entanto é preciso se questionar como utilizamos a informática no processo de ensino-aprendizagem. Para Valente (2002) existem duas formas em que a informática é utilizada na educação: Uma delas é a transposição tecnológica, que é quando usamos os dispositivos tecnológicos sem fazer uso de seus recursos, por exemplo: quando usamos um Datashow para apresentar slides que poderiam ser facilmente reproduzidos por um retroprojeter, ou seja, usa-se um dispositivo multimídia para a representação de um diagrama. Outra forma de usar a tecnologia na educação é fazer uso pleno de seus recursos, desenvolver materiais e atividades que valorizam a interação e a manipulação do objeto de estudo, como por exemplo: desenvolvimento de softwares, aplicativos de gestão de estudos, games educativos e ambientes de realidade virtual.

De acordo com Pereira e Peruzza (2002), o uso do computador na educação se divide em 4 gerações; sendo que a quarta geração começa a surgir agora com a popularização da realidade virtual, são elas:

- Primeira Geração: teoria comportamentalista, com aplicações tradicionais;
- Segunda Geração: preocupa-se com a forma de apresentar o conteúdo aos educandos;
- Terceira Geração: preocupa-se com a interação entre o educando e o conteúdo transmitido;
- Quarta Geração: o conhecimento é construído pelos próprios educandos, sendo que o mesmo interage com os recursos de aprendizagem.

A realidade virtual é um dos mais novos recursos da informática na educação. Desenvolvida por militares na década de 70, a realidade virtual sempre foi vista como um universo distante para educadores devido aos altos custos de produção, porém novos softwares e dispositivos tornam possível o desenvolvimento de produtos de realidade virtual com o uso de um computador pessoal e baixos custos (BRAGA, 2001).

Existem dois tipos de realidade virtual, a não imersiva e a imersiva. A realidade virtual não imersiva consiste numa representação animada de uma realidade em 3 dimensões, onde é possível manipular e interagir com o objeto de estudo. Na realidade virtual imersiva acontece a mesma coisa, porém o mundo virtual é mediado por um dispositivo que causa imersão, como óculos de realidade virtual, luvas para simular o toque, ou esteiras para simular o caminhar, além de outros dispositivos que geram interações sensoriais entre o usuário e o computador (RODRIGUES; PORTO, 2013).

De acordo com Bruyne (1977) uma das principais vantagens e motivadores da realidade virtual é que ela permite que se criem situações que não seriam possíveis na realidade, por exemplo, uma viagem pelo interior do corpo humano. Além de criar situações “impossíveis”, a realidade virtual oferece uma série de benefícios para o campo da educação. O uso de realidade virtual motiva os alunos, pois propõe um novo tipo de visualização de conteúdos tradicionalmente abordados, por meio de uma tecnologia inovadora e do estímulo de sentidos, que não existem em uma folha de papel. A realidade virtual também tem um poder de visualização muito maior do que de

outras mídias (dependendo do processo ou objeto a serem observados.). Promove uma visualização do objeto em diferentes ângulos e perspectivas (BRUYNE, 1977).

No nosso caso, do Observatório Solar Indígena, o uso de realidade virtual é pertinente por diversos motivos, entre os quais:

1 - A realidade virtual torna possível observar os movimentos aparentes do Sol a qualquer momento, seja em um dia de chuva, ou até mesmo durante a noite.

2 - Outra adversidade que a realidade virtual cobre é a condição climática, que algumas vezes impossibilita as atividades práticas de observação astronômica.

3 - Além desses dois fatores, a realidade virtual pode simular o ciclo de um dia em questão de minutos, dessa forma o aluno pode observar um fenômeno que dura cerca de 12 horas em apenas um minuto, assim torna-se mais fácil compreender a trajetória aparente que o Sol realiza.

4 - Além de simular o movimento aparente do Sol em poucos minutos também é possível simular os pontos de nascer e pôr do Sol nas diferentes estações do ano, algo que sem a realidade virtual levaria um ano inteiro para ser realizado.

5 - A programação do software do observatório solar indígena também permite que os movimentos aparentes do Sol sejam simulados em diferentes coordenadas geográficas, permitindo que o aluno compreenda as diferentes trajetórias do Sol, quando mais próximo da linha do equador, ou mais próximo dos trópicos ou até mesmo nos polos.

Existem inúmeras vantagens do uso de realidade virtual, e muitas dessas vantagens estão relacionadas à realização de visualização e atividades práticas.

Pensemos na temática dos biomas naturais brasileiros (cerrado, caatinga, mata atlântica, floresta amazônica, pampa e pantanal). Como essas temáticas são apresentadas de forma convencional? Na maioria das vezes essas informações estão no livro didático e são apresentadas por uma fotografia e um texto descritivo, dessa forma o aluno não se apropria do conteúdo, mas apenas decora e reproduz o conhecimento em uma prova, ou teste, sendo que isso não garante o conhecimento duradouro. E se realizássemos a experimentação dos biomas de forma real? Quais seriam os custos para que os alunos pudessem viajar a esses diferentes biomas a fim de construir seus conhecimentos? E quando tempo isso levaria? Quais riscos

envolvidos em tal atividade? Com a realidade virtual é possível fazer os alunos visualizarem esses ambientes em poucos minutos, sem deixar a sala de aula. Os custos para desenvolver esse material são muito menores do que os custos da viagem de um grande grupo de alunos. E o mais importante, ao visualizar os biomas, por meio da realidade virtual o aluno não necessita de um texto pronto para lhe explicar as características de cada bioma, pois com sua própria experiência o mesmo é capaz formular uma tese sobre a experiência vivida. No caso dos biomas, assim como em diversas outras temáticas a realidade virtual também é muito democrática, pois permite que alunos com deficiência física realizem atividades que talvez fossem impossíveis, e eles as fazem, assim como os demais.

Apesar de realizarmos desenvolvimento de diferentes produtos relacionados à realidade virtual e estarmos convencidos de que o uso de realidade virtual tem benefícios claros sobre a educação, destacamos que ela não substitui os métodos tradicionais de educação. Entendemos que a realidade virtual deve ser usada como apoio, suporte, ou adição ao processo de ensino para incrementar a aprendizagem.

A tecnologia informacional contemporânea, com seus modelos computacionais de simulação, brinca com esses dois modos de articulação quando misturam aprendizado e jogo, conhecimento e entretenimento.

Bruyne (1977) define a simulação como sendo "a construção e a manipulação de um modelo operatório representando todo, ou parte, de um sistema ou processos que o caracterizam". Já Greenblatt (apud KLEIBOER, 1997) destaca que a simulação é um modelo que reflete as características centrais de um sistema, processo ou ambiente, real ou proposto.

Vale lembrar que existem várias perspectivas sobre a simulação. Existe a simulação-farsa e a simulação-experimento. A simulação-farsa está relacionada a uma visão mais pejorativa da palavra, ela refere-se à simulação na prática do direito, medicina e psicologia, como formas de ludibriar os sentidos e gerar o falso. A simulação-experimento, por sua vez, está relacionada à verificação e validação de resultados de pesquisa, ou projeção. Seja farsa, ou de experimento, é importante destacar que a simulação pretende formar uma representação sintética do real (BAUDRILLARD, 1991).

Ao ver os caminhos que a ciência tomou, fica cada vez mais difícil separar a experimentação da simulação. No século XVII, Galileu Galilei, pai da ciência experimental, fazia uso de alguns modelos experimentais, que nada mais eram do que simulações. A partir dessa época, os métodos científicos se aprofundaram no desenvolvimento de modelos simulados, que validavam ou estendiam suas pesquisas.

Para todos aqueles que fazem ciência, entender que a experiência é parte fundamental no processo investigativo se faz necessário. Já que a experiência pode ser considerada uma mediação entre o desconhecido e o fato. O acúmulo de dados gerados na observação podem dar força a um enunciado, elevando ele ao estado de lei ou teoria.

O processo gerado a partir da coleta de dados e observação do contexto onde o estudo é realizado é conhecido como indução.

Na simulação, é fundamental gerar significados relacionados à construção do fenômeno. A simulação computacional tem como objetivo realizar uma analogia entre o real e o virtual, dessa forma pretende estabelecer modelos mentais que aproximem o usuário da experiência por meio da ilusão causada em seus sentidos e consciência. Dessa forma, a simulação computacional projeta uma representação sobre a qual o sujeito deve formar sua própria representação. Assim, ela trabalha como um intermediário entre fenômeno e o sujeito, permitindo que o mesmo construa seu conhecimento com base na experimentação virtual, tendo em vista que o modelo simulado deve ter uma série de correspondências com o modelo empírico original.

Os modelos mentais servem de sistemas intermediários entre o mundo e sua representação, uma espécie de filme interno, onde as cenas são formadas por imagens animadas e signos, cuja concatenação expressa o estado de coisas e dialoga com a representação que o sujeito confere à realidade.

No entanto, a simulação não deve ser tratada como única e essencial forma de criar representações, mas deve ser usada de maneira adequada como uma mediação entre sujeito e objeto para experimentação quando essa representar benefícios no processo de ensino-aprendizagem.

A simulação computacional parece um elemento muito adequado à educação, já que o mesmo pretende estabelecer uma relação entre o conhecimento empírico original

e virtual, e entre o objeto e o sujeito. A simulação computacional também pode promover o envolvimento e o engajamento nas atividades escolares, pois os cenários de realidade virtual podem causar a sensação de pertencimento e interação com o objeto de estudo.

Existe uma diferença entre representação e simulação. Enquanto a representação é estática e diz respeito aos objetos e sistemas, a simulação consiste na dinâmica dos mesmos objetos e sistemas. Na simulação é possível interagir e avaliar as dinâmicas do objeto de estudo, assim como estímulos e respostas que o mesmo pode proporcionar.

O atributo da interatividade é o que distingue simulação de representação em termos propriamente operacionais. Enquanto a representação é uma categoria estática, que supõe uma separação radical entre sujeito e objeto, a simulação, ao contrário, se define pela interação - pela ação do observador sobre aquilo que ele constituiu como objeto e, recursivamente, também pela ação desse objeto sobre o observador. (PRIMO, 2000).

Numa concepção idealista, a experimentação por simulação deve permitir ao sujeito cultivar seu imaginário, em consonância com um conjunto de signos socialmente legitimados, transitando entre a crueza da realidade objetiva e as sombras da compreensão subjetivada. Nesse sentido, a experimentação por simulação deve permitir ao sujeito uma nova oportunidade para representação do mundo e de seus modelos mentais representativos, expondo-os ao olhar do outro.

A simulação em realidade virtual pode ser usada como mediação entre o sujeito e elementos legitimados que compõe a realidade, e por meio da formação de seus modelos mentais, o usuário pode construir sua própria compreensão da realidade, proporcionando uma relação entre seu mundo e o conhecimento científico.

Por definição, modelos computacionais de simulação são sistemas dinâmicos que produzem emergência a partir da interação entre seus componentes, isto é, geram relações e eventos que não foram explicitamente codificados nos subsistemas (RASMUSSEN; BARRETT, 1995).

A simulação mistura o subjetivo e o objetivo, o real e o fictício, o ativo e o passivo.

Como um ambiente de apoio à aprendizagem, os sistemas de realidade virtual disponibilizam aos educadores, a oportunidade de possibilitar aos alunos o aprendizado por experimentação. Nestes sistemas, o aluno poderá movimentar-se, ouvir, ver e manipular objetos como se estivesse no mundo real, favorecendo assim o processo cognitivo de construção de novos conhecimentos. Em síntese, a realidade virtual, quando aplicada a ferramentas educacionais, permite a manipulação de modelos tridimensionais com maior grau de realismo, de acordo com o poder computacional disponível. Estes modelos podem ser interativos e dotados de comportamentos pré-determinados. Desta forma, é possível simular elementos do mundo real com melhor nível de controle e a um baixo custo relativo.

A utilização de um ambiente tridimensional (3D) permite criar envolvências sofisticadas, que a concentração na resolução de atividades em forma de desafio pode ser elevada. Do exposto e partindo do pressuposto que a maioria dos jovens gosta de jogos com tecnologia 3D, pode-se questionar o seguinte: Um ambiente 3D, desenvolvido para suportar o acesso a objetos de aprendizagem, proporciona maiores níveis de concentração e conseqüente empenho no processo de aprendizagem? (BENTO; GONÇALVES, 2011).

Com a crescente implantação das novas tecnologias no sistema educativo, nomeadamente através dos programas governamentais que equipam as instituições escolares, com o objetivo de modernizar o sistema de ensino, torna-se necessário investir na produção de software educativo (COSTA, 2006). Atualmente encontram-se no mercado vários produtos na área do software educativo com diversas aplicações.

Quando utilizadas para gerir conteúdos educativos, as plataformas educativas são uma ferramenta com elevado potencial no processo de ensino e aprendizagem. Através de um ambiente gerido por menus e hiperligações, as plataformas permitem fazer gestão de uma grande quantidade de conteúdos e atividades educativas.

Um dos problemas que os ambientes 3D podem trazer, quando se implanta num sistema de ensino, é o suporte físico onde eles funcionam. Uma das limitações na implementação da aplicação 3D desenvolvida neste projeto, foi a fraca capacidade do hardware que os computadores das salas de informática dispõem. Foi necessário recorrer a computadores portáteis pessoais, com capacidades superiores, para que a

aplicação pudesse funcionar. Não obstante, estamos convictos que a utilização destes ambientes virtuais 3D e respectivos objetos de aprendizagem em contextos educativos proporcionam novos horizontes no processo de ensino e aprendizagem.

Por outro lado, a realidade virtual é uma técnica de interface homem computador que busca simular, de maneira realista, uma realidade alternativa para o usuário, através do uso de ambientes 3D, podendo ser aplicada a diversos fins. É importante ressaltar que aplicações na educação têm ganhado destaque especial, seja a partir do emprego de complexos sistemas colaborativos imersivos de visualização científica (KYOUNG et al., 2000) ou mesmo através de modelos simplificados para o ensino de engenharia (MANSEUR, 2005).

CAPÍTULO 4 – TEORIA DA CARGA COGNITIVA E TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

Este capítulo apresenta os conceitos e princípios da Teoria da Carga Cognitiva de John Sweller e da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Mayer, que foram fundamentais para o desenvolvimento do conteúdo educacional aplicado neste projeto, pois descrevem diferentes formas de visualização e linguagem, que podem contribuir no aprimoramento do ensino-aprendizagem com a utilização da mídia. Dessa forma, pode-se ter um entendimento mais completo de como essas teorias podem ser aplicadas no desenvolvimento de materiais didáticos, como o Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva.

4.1 A TEORIA DA CARGA COGNITIVA DE JOHN SWELLER

A teoria da carga cognitiva, desenvolvida principalmente por John Sweller, tem como objetivo compreender os esforços da cognição e dessa forma minimizar as cargas cognitivas improdutivas e maximizar as cargas cognitivas produtivas, para transformar o ensino-aprendizagem em um processo com menos ruídos da comunicação e melhor transmissão do conhecimento (SWELLER, 1988).

Para compreendermos melhor como tal teoria se desenvolveu é preciso compreender sua origem, e o caminho que se percorreu até sua formação. A teoria das cargas cognitivas tem origem em outros estudos que se baseavam no estudo da memória. Este estudo tem como objetivo delimitar as diferenças entre memória de curto prazo e memória de longo prazo e como as mesmas podem agir de forma consoante no que tange à utilização e formação do conhecimento.

Com Hermann Ebbinghaus, em 1885, surgem os primeiros trabalhos relacionados à duração da memória de curto prazo. Ele percebeu que o uso de palavras em seus testes não era eficiente, pois as palavras eram lembradas por meio de seus significados. Dessa forma ele optou por desenvolver testes com sílabas sem sentido para medir a duração da memória de curto prazo e intercalou com números.

Seus resultados apontam que a memória de curto prazo começa a sofrer perda após 20 minutos de exposição (EBBINGHAUS, 1985).

Os primeiros estudos relacionados às limitações da memória de curto prazo foram realizados por Miller. Por meio de uma série de testes e experimentos Miller observou que a memória de curto prazo é capaz de assimilar aproximadamente sete elementos simultaneamente. Esses elementos que são números, letras ou palavras podem ser chamados de “*chunks*” (pedaços) ou esquemas. Segundo os teóricos, a capacidade da memória de curto prazo age no consciente e é quase efêmera, enquanto a memória de longo prazo existe praticamente no inconsciente e é consultada à medida que recorremos a conhecimentos em diferentes situações (MILLER, 1956).

O refinamento sobre os limites da memória de curto prazo (ou memória de trabalho) ocorreu com dois notáveis experimentos publicados no final da década de 50; o primeiro por John Brown, em 1958, na Inglaterra e o segundo pelo time de marido e mulher os Lloyd e Margaret Peterson, em 1959, nos Estados Unidos.

John Brown fez um teste da diminuição da memória de curto prazo com apenas um par de consoantes, após um intervalo de 5 segundos. Mas nenhum estudo sistemático foi feito do tempo dessa diminuição, em uma variedade de intervalos de tempo (BROWN, 1958).

Peterson imaginou outro tipo de teste, que não permitia a memorização direta dos esquemas, fazendo com que o sujeito que participa do teste invertesse a ordem de algarismos e sílabas, por exemplo: não devia se lembrar de AGH 123, era preciso lembrar-se das sílabas AGH, mas dos números de forma decrescente AGH 321. Dessa forma Peterson pode avaliar a duração da memória de curto prazo, não apenas em questão de minutos, mas como as informações podiam ser perdidas em questão de segundos. Peterson concluiu que a memória de curto prazo começava a perder informações em cerca de 19 segundos, tornando-se um dado mais relevante no que tange o refinamento do estudo da memória de curto prazo (PETERSON, 1959).

O termo memória de trabalho foi cunhado por Miller, mas vale lembrar que tal referência é mais associada a Atkinson, já que o mesmo, em 1971, propôs uma reflexão mais intensa sobre o tema, relacionando a memória de trabalho à consciência (ATKINSON, 1971).

A memória de longo prazo, por outro lado, não está diretamente relacionada com a consciência e é capaz de armazenar uma quantidade de informação quase ilimitada por longos períodos de tempo. Ela trabalha de forma interativa com a consciência, permitindo que a memória de curto prazo possa acessá-la sempre que se fizer necessária à informação em um plano de consciência.

Segundo a teoria da carga cognitiva, essa memória de longo prazo costuma reduzir a informação a esquemas, que permitem que um grande número de informações seja organizado e concentrado em uma única informação ou pedaço. É mais fácil memorizar uma palavra com significado do que um conjunto aleatório de letras, assim como é mais fácil identificar constelações e suas regiões do céu, do que memorizar estrela por estrela.

De acordo com Larkin e Simon, especialistas conseguem categorizar o problema, seu estado e suas variações. Enquanto que iniciantes precisam recorrerá técnica e métodos como tentativa e erro (LARKIN & SIMON, 1980). Além disso, percebemos que a abstração dificulta a aprendizagem.

Em 1982, John Sweller e Marlin Levine realizaram uma série de testes e experiências e perceberam como principal causa da falta de aprendizado o uso inapropriado da memória de curto prazo, ou memória de trabalho. Eles verificaram que uma das situações que leva os principiantes (novatos ou aprendizes) às grandes dificuldades em resolver um problema é fazer uso da técnica da solução de problemas chamada análise meios-fios, diante de situações de problemas que sejam compostas de muitas etapas (SWELLER; LEVINE, 1982).

Por exemplo, quando colocamos a equação $Y = X + 2$, $X = Z + 14$, $Z = 10$. Se perguntarmos ao aluno qual o valor de Y ele terá todo seu raciocínio focado no objetivo e no resultado, então ele percorrerá todos os itens Y, X e Z até iniciar um raciocínio inverso Z, X e Y para atingir o resultado. Para isso, o aluno percorreu dois caminhos em função do foco no objetivo específico que é Y, demandando assim maior carga cognitiva. Outra maneira de apresentar o mesmo problema e contribuir na formação da expertise é suavizar a carga cognitiva transformando a mesma operação num exercício “sem objetivo específico”, ao questionar qual o valor de todas as variáveis. Nesse exemplo o aluno vai, diretamente, na variável Z, que já está definida e percorre todo o

caminho da solução em menos tempo, pois a cognição do aluno não estava focada num objetivo específico como o valor de Y . Dessa maneira ele realiza toda a equação mais rapidamente, com menos esforço e isso permite que ele reconheça um padrão na solução desse tipo de problema. Outro tipo de exercício que se percebeu muito importante na formação da expertise são os problemas resolvidos. Estudos mostram que alunos que intercalam resolução de problemas com problemas resolvidos são capazes de reconhecer padrões com maior eficiência, pois antes usam uma alta carga de cognição para resolver problemas e depois observam os padrões da resolução do problema. No momento em que este aluno é exposto a uma nova resolução de problemas, ele usará das duas fontes que dispõe: os problemas que foram resolvidos por ele e os problemas resolvidos que foram apenas contemplados. Dessa forma ele é capaz de produzir padrões com maior rapidez, diminuir a carga cognitiva na resolução de problemas, ser mais rápido e mais assertivo.

Nesse estudo do efeito dos problemas resolvidos, Sweller separava os alunos em dois grupos. No grupo 1 o teste continha 8 problemas para serem resolvidos; para grupo 2 eram 4 problemas para serem resolvidos, intercalados com 4 problemas já resolvidos. Percebeu-se que os alunos do grupo 2 resolviam o teste até 6 vezes mais rápido que o grupo 1. Em um segundo momento os 2 grupos foram expostos a 8 problemas para serem resolvidos e novamente o grupo 2 foi mais rápido, levando a metade do tempo. Depois de uma extensa pesquisa com diversos estudantes ficou comprovada a existência do efeito dos problemas resolvidos.

Após anos de pesquisas e artigos publicados de forma aleatória, o termo Teoria da Carga Cognitiva ainda não havia sido cunhado. Esse estudo passou a ser conhecido como Teoria da Carga Cognitiva a partir do artigo. “A Carga Cognitiva durante a resolução de problemas: efeitos sobre a aprendizagem” de Sweller, em 1988. O artigo deixa claro que a expressão Carga Cognitiva não se refere ao volume de informações a serem aprendidas pela Memória de Trabalho, mas a demanda que essas informações produzem sobre a Memória de Trabalho de um determinado indivíduo (SWELLER, 1988).

Porém a teoria ainda não estava completa e novos efeitos ainda seriam descobertos, como o da atenção dividida. Esse efeito foi descoberto a partir de

resultados dos testes do efeito dos problemas resolvidos. Percebeu-se que o efeito dos problemas resolvidos funcionava muito bem quando eles eram sobre álgebra, porém o mesmo não ocorria quando os problemas eram sobre geometria ou física. Por quê?

Sweller percebeu que nos problemas da física e de geometria o aluno precisava recorrer a duas informações, a informação textual, que trazia as fórmulas e o diagrama, ou imagem que é a informação não textual. Ele supôs que nesses casos havia uma atenção dividida entre os dois objetos. Para resolver esse problema ele resolveu integrar o texto à imagem fazendo com que a informação textual não estivesse separada do diagrama, mas integrada. Os testes foram refeitos e comprovou-se que o efeito dos problemas resolvidos se aplicava à física e álgebra, assim como a existência do efeito da atenção dividida e uma possível solução para o mesmo.

Outro efeito descoberto foi o da redundância. Sweller verificou que apenas integrar o texto ao diagrama nem sempre resultava em um melhor aprendizado. Ele supôs que as informações só devem ser usadas em conjunto quando não podem ser compreendidas isoladamente. Do contrário, elas se tornam redundantes e aumentam a carga cognitiva.

Com base nos estudos dos efeitos da redundância, iniciou-se a compreensão do efeito da modalidade. Psicólogos estabeleceram que a memória de trabalho recebe informação sob dois canais diferentes, o visual e o auditivo. A partir dessa premissa, Sweller realizou testes que lhe permitiram notar que em alguns contextos quando o diagrama era apresentado por um texto falado, no lugar de um texto escrito, os resultados indicavam um melhor aprendizado e que menor carga cognitiva era usada para compreender a tarefa. No entanto a redundância também pode ocorrer em diferentes modalidades. Vale lembrar que pesquisas demonstraram que ao se utilizar a mesma informação de forma visual e auditiva simultaneamente isso gera um aumento da carga cognitiva o que diminui a eficiência da memória de trabalho, tendo em vista que embora não seja necessário integrar essas informações, as mesmas serão processadas aumentando a carga cognitiva como, por exemplo, quando assistimos a um filme em português com legendas em português.

Em 1990, Sweller começou a considerar a Carga Cognitiva Intrínseca dos objetos de aprendizagem. Ele estabeleceu que ao aumentar o nível de complexidade

de interação entre os elementos que compõe o objeto de estudo, vários dos efeitos da teoria da carga cognitiva passavam a existir. Ele determinou que esses efeitos surgiam a partir de tarefas que exigiam um alto nível de interação entre os elementos que compõe o objeto de estudo. O alto grau de interação surge quando o objeto de estudo está fragmentado em pequenas partes que não podem ser compreendidas isoladamente, considera-se um objeto com alto grau de interatividade. Ele percebeu que quanto maior o nível de interatividade, maior era a carga cognitiva e quando a interatividade era baixa, a carga cognitiva era menor e a intervenção do instrutor era desnecessária. Passava então a existir a Carga Cognitiva Intrínseca, que está relacionada à natureza do objeto, e a Carga Cognitiva Estranha, que está relacionada ao formato da apresentação do objeto (SWELLER, TIERNEY, CHANDLE & COOPER,1990).

Até 2002 a carga cognitiva intrínseca era considerada imutável, pois era inerente ao objeto, porém ao analisar materiais de alto nível de complexidade percebeu-se que estes materiais não poderiam nunca ser aprendidos devido ao alto grau de complexidade, pois elevam a carga cognitiva a um nível superior ao da memória de trabalho. Para que esses objetos pudessem ser ensinados existia a necessidade de se alterar a carga cognitiva intrínseca do objeto. A teoria de Sweller, em conjunto com o estudo de outros pesquisadores permitiu que fossem desenvolvidos métodos para solucionar esse problema (POLLOCK, CHANDLER, & SWELLER, 2002).

Uma das propostas para solucionar esse problema é a utilização do esquema tarefa simplificada - tarefa integral. Nesse esquema foram apresentadas diversas tarefas com alto grau de interatividade, que partiam um modelo simplificado para o modelo integral, permitindo que o aprendiz visualizasse a tarefa de uma forma geral, mas simplificada, e compreendesse o contexto todo a fim de, num segundo momento, fazer o estudo mais profundo da complexidade da tarefa. Por meio de estudos e pesquisas, ficou evidente que esse método de sequenciamento permitia que os estudantes compreendessem a tarefa de forma facilitada.

Outra proposta para solucionar problemas de ensino-aprendizagem, quando a carga cognitiva interativa de um objeto é muito alta, é o método partes da tarefa – tarefa integral. Em alguns casos, verificados em experimentos, ficou comprovado que a

utilização de um método onde a tarefa é apresentada por partes e depois visualizada como um todo facilita a compreensão da tarefa e reduz a carga cognitiva no processo de aprendizagem.

Essas duas maneiras de se proceder em casos onde a carga cognitiva intrínseca do objeto tem um alto nível de interatividade permitiu a verificação da variação da carga cognitiva intrínseca, por isso a mesma deixava de ser imutável.

Novos estudos e testes realizados levaram à descoberta de um novo efeito na teoria da carga cognitiva, o efeito da variabilidade. Os pesquisadores perceberam que quando as tarefas eram colocadas em contextos diferentes os alunos tinham um desempenho melhor sobre aqueles que recebiam tarefas repetitivas. Esse resultado contradizia a teoria da carga cognitiva, pois a variação do contexto das tarefas deveria elevar a carga cognitiva e não a reduzir. O que se percebeu nesse experimento foi que ao variar as situações e os contextos onde a tarefa estava inserida, o aluno desenvolvia mais facilidade em compreender os esquemas que levavam a resolução da tarefa.

A partir dos resultados dos estudos realizados em relação ao efeito de variabilidade introduziu-se a terceira carga cognitiva: A Carga Cognitiva Relevante. Essa carga diz respeito ao conhecimento que é relevante dentro de um processo de ensino-aprendizagem, como aquisição de esquemas e automatização.

Então a Teoria da Carga Cognitiva é baseada em três tipos de cargas: a Carga Cognitiva Intrínseca, que diz respeito às características e à natureza do objeto de estudo, a Carga Cognitiva Estranha, que está relacionada à apresentação do conteúdo de uma determinada tarefa e Carga Cognitiva Relevante, que está na capacidade da aquisição de esquemas.

Mas a Teoria da Carga Cognitiva não é um estudo inerte, pesquisas continuam sendo realizadas, testes e experimentos continuam produzindo novos resultados, novas provas e novos efeitos. Porém, os resultados já coletados poderiam produzir um resultado prático relacionado ao ensino-aprendizagem?

Em 2006, os pesquisadores R. Clark, F. Nguyen e J. Sweller sugeriram 29 diretrizes para melhorar o gerenciamento de carga cognitiva no processo de ensino-aprendizagem. As diretrizes são baseadas nos resultados coletados em pesquisas

realizadas durante o desenvolvimento da teoria da carga cognitiva (CLARK, NGUYEN & SWELLER, 2006).

A seguir, são listadas essas 29 diretrizes:

1a Diretriz: “Use diagramas para otimizar o desempenho em tarefas que requeiram manipulações espaciais”.

2a Diretriz: “Use Diagramas para promover a aprendizagem de regras envolvendo relações espaciais”.

3a Diretriz: “Use diagramas para ajudar os aprendizes a construir uma compreensão mais profunda”.

4a Diretriz: “Explique diagramas com palavras apresentadas em áudio-narração”.

5a Diretriz: “Use pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais e textuais importantes”.

6a Diretriz: “Integre o texto explicativo próximo aos visuais correspondentes nas páginas e telas”.

7a Diretriz: “Integre em um só modo de apresentação, palavras e visuais usados para ensinar aplicações de computador”.

8a Diretriz: “Reduza o conteúdo ao essencial”.

9a Diretriz: “Elimine visuais, texto e áudio estranhos ao conteúdo a ser aprendido”.

10a Diretriz: “Elimine a redundância nos modos de apresentação do conteúdo”.

11a Diretriz: “Forneça auxílios/subsídios para o desempenho sob a forma de memória externa suplementar”.

12a Diretriz: “Elabore auxílios/subsídios para o desempenho aplicando as técnicas de gerenciamento da Carga Cognitiva”.

13a Diretriz: “Ensine os componentes do sistema antes de ensinar o processo completo”.

14a Diretriz: “Ensine o conhecimento de apoio/suporte separadamente dos passos do procedimento”.

15a Diretriz: “Considere os riscos de sobrecarga cognitiva antes de elaborar um ambiente de tarefa-integral (*whole task*)”.

16a Diretriz: “Dê aos alunos o controle sobre o ritmo e gerencie a Carga Cognitiva quando o ritmo tiver de ser controlado pelo sistema instrucional”.

- 17a Diretriz: “Substitua alguns problemas a resolver por exemplos resolvidos”.
- 18a Diretriz: “Use “exemplos parcialmente resolvidos” resolvidos incompletos para promover o processo de aprendizagem”.
- 19a Diretriz: “Faça a transição de “exemplos resolvidos” a exercícios a resolver”.
- 20a Diretriz: “Apresente ‘exemplos resolvidos’ e ‘exemplos parcialmente resolvidos’ em formatos que minimizem a Carga Cognitiva Estranha”.
- 21a Diretriz: “Use exemplos resolvidos diversos/variados para promover a transferência do aprendizado”.
- 22a Diretriz: “Ajude os alunos a explorar exemplos por meio de auto explicações”.
- 23a Diretriz: “Ajude os alunos a automatizar novos conhecimentos e habilidades”.
- 24a Diretriz: “Promova uma prática (ensaio) mental do conteúdo complexo após os modelos mentais estarem formados”.
- 25a Diretriz: “Escreva textos com alta coerência para leitores com pouco conhecimento”.
- 26a Diretriz: “Evite interromper a leitura de leitores com pouca habilidade”.
- 27a Diretriz: “Elimine conteúdos redundantes para os alunos mais experientes”.
- 28a Diretriz: “Transição de exemplos resolvidos para exercícios a resolver à medida que os alunos ganham expertise”.
- 29a Diretriz: “Para alunos novatos, elabore aulas com ensino dirigido (direto, explícito), em vez de aulas por redescoberta guiada”.

Algumas das 29 diretrizes, que são úteis tanto para ciências exatas como para ciências humana, serviram de orientação para o desenvolvimento do projeto Observatório Solar Indígena Virtual. Ressaltamos alguns aspectos de similaridade e outros que podem ser aprimorados em versões futuras:

- É evidente que no ensino de astronomia se faz necessário o uso de diagramas, para explanar quase todos os conteúdos abordados em sala de aula. Assim como também é evidente que o software do Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva tem como objetivo exibir seu conteúdo em forma de um diagrama realista, que com apoio do dispositivo de realidade virtual causa imersão em um ambiente 3D.
- Tanto o modelo virtual, quanto o modelo físico do Observatório Solar Indígena são diagramas desenvolvidos para observar e compreender os movimentos aparentes do

Sol. Os dois permitem a aquisição de conhecimento sobre as estações do ano e os pontos cardeais. Enquanto um demonstra o modelo do observatório e fornece as primeiras informações de suporte, o outro simula o procedimento e a dinâmica dos movimentos celestes.

- Além de permitir que o aluno observe os movimentos aparentes do Sol nas diferentes estações do ano e identificar os pontos cardeais com o meio dia Solar, o aluno também é apresentado à cosmovisão indígena. Dentro do contexto do diagrama, que é apresentado, é possível discutir temas como a cosmogonia que envolve o Observatório.

- Além do diagrama que representa um cenário em realidade virtual, toda a informação é transmitida pelo professor de forma oral. Atualmente, nenhum texto escrito é usado no software.

- Atualmente o aluno observa apenas as animações dos movimentos aparentes do Sol em um ambiente de realidade virtual com imersão.

- Nesta versão, talvez seja necessário introduzir placas ao cenário virtual, indicando onde ficam os pontos cardeais e os pontos do nascer e do pôr do sol nas diferentes estações do ano.

- A astronomia indígena é rica em conteúdos que foram levantados durante a fase da definição e do desenvolvimento do software. No entanto, nos limitamos aos movimentos aparentes do Sol e à determinação dos pontos cardeais e das estações do ano.

- Em uma apresentação do Observatório Solar Indígena em uma aldeia indígena, ocorreu o seguinte fato: ao usar o dispositivo de realidade virtual um indígena sugeriu que o movimento do céu era muito rápido. O objetivo da apresentação era simular os movimentos do Sol, então a velocidade da apresentação parecia razoável. No entanto, esse indígena estava observando o céu noturno e a posição das constelações, por isso achou que o movimento era muito rápido. A solução que encontramos foi eliminar a simulação do céu noturno, para que as outras estrelas não interfiram no objetivo principal, que é a observação do Sol. Isso nos incentivou a desenvolver um software do céu noturno, para que os indígenas possam visualizar suas constelações.

- Não há redundância nos modos de apresentação do Observatório Solar Indígena em realidade virtual, pois todo o texto é narrado e usa do canal auditivo de cognição, enquanto a informação visual se dá por meio da simulação da realidade.

- Nas etapas que fundamentam os conhecimentos iniciais sobre o Observatório Solar Indígena os movimentos aparentes do Sol são ensinados em componentes separados. Em primeiro lugar é ensinada a trajetória aparente do Sol e a partir disso identificam-se os pontos cardeais. Em um segundo momento é ensinado as estações do ano e as diferentes posições de nascer e pôr do Sol nos solstícios e equinócios. Assim o aluno compreende a localização no espaço e no tempo a partir dos movimentos do Sol.
- A etapa de preparação para o uso do software proporciona todo o suporte para que o aluno observe as informações que serão exibidas. Ou seja, todo o conhecimento de apoio é apresentado em uma primeira etapa. O procedimento é simples e não requer muita instrução, já que os movimentos de observação do cenário virtual se dão de forma muito natural.

A Teoria da Carga Cognitiva é um estudo muito bem elaborado e embasado em números proporcionados por extensas pesquisas de campo. Ou seja, a teoria da carga cognitiva não é um mero construto teórico. Seus resultados devem ser levados em consideração para a promoção da uma melhor qualidade no processo de ensino-aprendizagem. Porém, é importante destacar que esses padrões e regras encontrados nos estudos realizados por Sweller são generalistas e que cada pessoa é um universo, e cada cultura tem uma maneira de assimilar os conhecimentos. Por exemplo: uma pessoa comum que observa uma geleira processa aquela informação com uma determinada carga cognitiva. E quando um esquimó observa a mesma geleira, qual seria sua carga cognitiva?

É difícil compreender como cada pessoa formula seus conhecimentos, no entanto os resultados obtidos nas pesquisas de desenvolvimento da Teoria da Carga Cognitiva são de grande importância e orientam o desenvolvimento de materiais didáticos e processos educativos de forma satisfatória.

4.2 AMBIENTES DE APRENDIZAGEM MULTIMODAIS INTERATIVOS

No artigo “Ambientes de Aprendizagem multimodais interativos”, de 2007, Roxana Moreno e Richard Mayer apresentam uma teoria cognitivo-afetiva de aprendizagem com a mídia, a partir do qual os princípios de design instrucional são

derivados (MORENO; MAYER, 2007). Analisando um conjunto de estudos experimentais, em que encontram suporte empírico para cinco princípios de designs: atividade guiada, reflexão, feedback, controle e pré-treinamento, eles abordam, principalmente, as seguintes questões:

- (1) O que são ambientes de aprendizagem multimodal interativo?
- (2) Como é que os alunos aprendem a partir de ambientes multimodais interativos de acordo com as teorias cognitivas de aprendizagem?
- (3) Quais são alguns princípios de design instrucional que podem ser derivados de teorias cognitivas de aprendizagem e qual é o seu apoio empírico?

Em publicações anteriores os autores deste artigo utilizaram o adjetivo multimídia em vez de multimodal para referir o uso de palavras e imagens, ou seja, modos verbais e não verbais de apresentação (MAYER, 2001).

(1) O QUE SÃO AMBIENTES DE APRENDIZAGEM MULTIMODAIS INTERATIVOS?

Moreno e Mayer (2007) definem ambientes de aprendizagem multimodais como ambientes que usam dois modos diferentes de representar o conteúdo: verbal e não verbal. Eles fazem uma distinção entre modo e modalidade: o modo é o código usado para representar a informação, isto é, verbal (por exemplo, palavras impressas, palavras faladas) e não verbal (por exemplo, ilustrações, fotos, vídeo e animação). Já a modalidade é o sensor utilizado para receber a informação auditiva (isto é, através dos ouvidos) e visual (isto é, através dos olhos). Nesse sentido, considera-se um Objeto de Aprendizagem Multimodal (OAM), um objeto que permita ao usuário explorar os sentidos através de informação verbal e não verbal (MORENO & MAYER, 2007).

Em ambientes de aprendizagem multimodais, os alunos são apresentados para uma representação verbal e outra visual, correspondentes ao conteúdo. Embora o modo verbal de instrução tenha dominado a educação por muito tempo, a investigação tem incidido sobre apresentações multimodais, especialmente aqueles que combinam palavras e representações pictóricas de conhecimento, porque de acordo com o princípio de multimídia, a compreensão do aluno pode ser melhorada por meio da

adição de representações de conhecimento não verbais para explicações verbais (MAYER, 2001).

De acordo com o princípio da modalidade de design instrucional (MAYER, 2001), os ambientes de aprendizagem mais eficazes são aqueles que combinam representações verbais e não verbais do conhecimento usando modalidade mista de apresentações.

O modo não verbal é o modo pictórico, que inclui gráficos estáticos (tais como fotos, ilustrações, gráficos, desenhos e mapas) e gráficos dinâmicos (como vídeo e animação). Para reduzir a confusão, podemos substituir "palavras / imagens" para "modo" e "sons / imagens" para "modalidade".

Um ambiente de aprendizagem multimodal interativo é aquele em que o acontecimento depende das ações do aluno. Em suma, a característica definidora de interatividade é a capacidade de resposta à ação do aluno durante a aprendizagem. Em um ambiente de aprendizagem multimodal não interativo, uma mensagem multimídia é apresentada de uma forma pré-determinada independentemente da qualquer coisa que o aluno faz durante a aprendizagem. Exemplos de ambientes de aprendizagem multimodais não-interativos incluem uma animação narrada ou uma passagem de texto de livro contendo e texto e ilustrações. Em um ambiente de aprendizagem multimodal interativo, as palavras apresentadas e imagens dependem de ações do aluno durante a aprendizagem.

Embora o termo interativo signifique coisas diferentes, para pessoas diferentes, em contextos diferentes, no contexto desta revisão definimos a interatividade como uma característica de ambientes de aprendizagem que permitem a comunicação multidirecional. A interatividade subjacente é a ideia de uma ação em dois sentidos (entre o aluno e o instrutor) em oposição a uma ação unidirecional (ou seja, de instrutor para aluno). No entanto, qualificamos ainda mais nossa definição de interatividade, esclarecendo que o objetivo das ações dos participantes deve ser o de promover o aprendizado, ou seja, ajudar o aluno a mudar seu conhecimento de acordo com o objetivo instrucional. A respeito disso, a navegação por si só, por exemplo, não seria suficiente para tornar um ambiente de aprendizagem interativo, a não ser que a

navegação no ambiente possa levar diretamente à construção de conhecimento ou aprendizagem significativa.

Há cinco tipos comuns de interatividade em ambientes multimodais de aprendizagem: dialogar, controlar, manipular, pesquisar e navegar.

Na interatividade dialogando, o aluno pode fazer uma pergunta e receber uma resposta, ou pode dar uma resposta e receber feedback. Por exemplo, no curso da aprendizagem, o aluno pode procurar ajuda de um agente na tela ou pode clicar em uma palavra em um ambiente de hipertexto para obter informações adicionais.

Na interatividade controlando o aluno determina o ritmo e/ou a ordem do episódio de aprendizagem. Por exemplo, em uma animação narrada, o aluno pode ser capaz de controlar o ritmo usando uma tecla de pausa/reprodução, ou usando um botão continuar (ou avançar) quando o material é apresentado em segmentos; e o aluno é capaz de controlar a ordem usando uma tecla para frente ou para trás, tecla rebobinar, barra deslizante ou um menu para acesso direto a um segmento específico.

Na interatividade manipulando o aluno pode controlar aspectos da apresentação, tais como definir parâmetros antes de executar uma simulação, ampliar ou afastar ou mover objetos na tela. Por exemplo, o aluno define parâmetros em um jogo de simulação e executa a simulação para ver o que acontece.

Na interatividade pesquisando, o aluno encontra novas informações digitando uma consulta, recebendo opções e selecionando uma opção. Por exemplo, procura informações em uma pesquisa na Internet.

Na interatividade navegação, o aluno move-se para diferentes áreas de conteúdo selecionando-as de várias fontes de informação disponíveis. Por exemplo, clicando em um menu para passar de uma página da Internet para outra.

As interatividades dialogar, controlar e manipular são características centrais de ambientes de aprendizagem multimodais interativos e autônomos. Os tipos de interatividades pesquisar e navegar também podem ser incorporados nesses ambientes, mas são mais típicas de programas de hipermídia e motores de busca, como os encontrados na Internet.

(2) COMO OS ALUNOS APRENDEM COM AMBIENTES MULTIMODAIS INTERATIVOS?

A teoria cognitiva-afetiva da aprendizagem com a mídia - CATLM (MORENO, 2005a) expande a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia (MAYER, 2001) para mídia, como a realidade virtual, baseada em agentes e em casos baseados em ambientes de aprendizagem, que podem apresentar ao aluno outros materiais de instrução que não sejam palavras e imagens.

A teoria cognitiva-afetiva da aprendizagem com a mídia (CATLM) é baseada nas seguintes suposições, sugeridas pela pesquisa cognitiva e motivacional:

- a) os seres humanos têm canais separados para processar diferentes modalidades de informação;
- (b) apenas algumas informações podem ser ativamente processadas em qualquer momento na memória de trabalho dentro de cada canal;
- (c) a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno gasta esforço consciente em processos cognitivos, tais como selecionar, organizar e integrar novas informações com os conhecimentos existentes;
- (d) a memória de longo prazo consiste em uma estrutura dinâmica e evolutiva que contém tanto uma memória para experiências passadas como uma memória para o conhecimento geral do domínio;
- (e) fatores motivacionais mediam a aprendizagem ao aumentar ou diminuir a carga cognitiva;
- (f) fatores metacognitivos mediam a aprendizagem regulando o processamento e o afeto; e
- (g) as diferenças nos conhecimentos e habilidades prévias dos alunos podem afetar o quanto é aprendido com meios específicos.

Em um modelo cognitivo-afetivo com mídia, os meios de instrução podem consistir em explicações verbais, apresentadas com palavras faladas ou escritas, combinadas com representações de conhecimento não verbal, como imagens e sons.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, os alunos precisam primeiro atender e selecionar informações relevantes verbais e não verbais, para processamento posterior na memória de trabalho.

Então, os alunos precisam organizar as múltiplas representações em um modelo mental coerente e integrar a informação organizada com conhecimento prévio.

Em ambientes de aprendizagem interativos, esses processos cognitivos são guiados parcialmente pelo conhecimento prévio ativado pelo aluno e parcialmente pelo feedback e métodos instrucionais embutidos no ambiente de aprendizagem.

A partir do modelo, os alunos também podem usar suas habilidades metacognitivas para regular sua motivação e processamento cognitivo durante a aprendizagem. Os alunos conscientes das forças e limitações de seus conhecimentos, estratégias, afeto e motivação são mais capazes de regular sua aprendizagem planejando e monitorando os processos cognitivos necessários para a compreensão.

Um desafio potencial quando se aprende com ambientes multimodais interativos é que as demandas de processamento podem exceder a capacidade de processamento do sistema cognitivo, uma situação que chamamos de sobrecarga cognitiva. Portanto, é útil examinar cuidadosamente a relação entre as demandas cognitivas impostas pelo ambiente de aprendizagem e os resultados de aprendizagem desejados.

(3) QUAIS SÃO ALGUNS PRINCÍPIOS DE DESIGN INSTRUCIONAL QUE PODEM SER DERIVADOS DE TEORIAS COGNITIVAS DE APRENDIZAGEM E QUAL É O SEU APOIO EMPÍRICO?

Analisando um conjunto de estudos experimentais em que encontram suporte empírico para cinco princípios de design instrucional: atividade guiada, reflexão, feedback, controle e pré-treinamento.

A seguir, resumimos cinco princípios empiricamente baseados para o design de ambientes de aprendizagem multimodais interativos, juntamente com suas correspondentes descrição e fundamentação teórica: atividade guiada, reflexão, feedback, estimulação e pré-treinamento.

Atividade guiada

A atividade guiada permite que os alunos interajam com um agente pedagógico que orienta seu processamento cognitivo durante a aprendizagem. De acordo com o princípio da atividade guiada, os alunos aprendem melhor quando interagem com um agente pedagógico que orienta seu processamento cognitivo e não quando recebem instrução direta sem qualquer orientação sobre como processar as informações apresentadas ou quando se envolvem na descoberta pura.

Esse princípio é semelhante ao princípio de descoberta guiada no aprendizado multimídia, no qual os alunos aprendem melhor quando um agente guia seu processamento cognitivo durante a aprendizagem.

A fundamentação teórica para o princípio da atividade guiada é que incitar os alunos a participar ativamente na seleção, organização e integração de novas informações, estimula o processamento essencial e generativo. Esse processamento leva a uma compreensão mais profunda do que fazer com que os alunos passivamente processem materiais de instrução idênticos ou que os alunos se envolvam na descoberta pura.

Descrição: Os alunos aprendem melhor quando são autorizados a interagir com um agente pedagógico que ajuda a orientar o seu processamento cognitivo.

Fundamentação Teórica: A atividade guiada encoraja o processamento essencial e generativo, incentivando os alunos a participar na seleção, organização e integração de novas informações.

Reflexão

Apesar do fato de que os ambientes de aprendizagem multimodal interativos permitam que os alunos manipulem os materiais de instrução, o aprendizado profundo desses ambientes depende das oportunidades que os alunos têm de refletir sobre suas ações. Portanto, o princípio da atividade guiada precisa ser combinado com o princípio da reflexão: os alunos aprendem melhor quando pedem para refletir sobre as respostas corretas durante o processo de criação do significado. Preparar os alunos para refletir é um exemplo de interatividade dialogando.

O princípio da reflexão parece fornecer uma vantagem de aprendizagem quando os alunos não são propensos a refletir sobre aspectos relevantes dos materiais, seja porque a mídia instrucional é passiva (ou seja, apresentações instrutivas não-interativas, livros didáticos) ou porque a interatividade incorporada na lição pode ser realizada de forma superficial ou automática.

Descrição: Os alunos aprendem melhor quando lhe pedem para refletir sobre as respostas corretas durante o processo fazer sentido (significado),

Fundamentação Teórica: A reflexão promove o processamento essencial e generativo, incentivando uma organização mais ativa e a integração de novas informações.

Feedback

A implicação prática direta dos princípios de atividade guiada e reflexão é que as tecnologias instrucionais promovem uma aprendizagem significativa quando os alunos são alertados para interagir conscientemente com ou refletir sobre o material essencial em um ambiente de aprendizagem.

No entanto, de acordo com um CATLM, a eficácia dos ambientes interativos de aprendizagem também depende da relação entre a qualidade do feedback dado pelo sistema e o conhecimento prévio do aluno.

O feedback é outro exemplo de interatividade dialogante. Por exemplo, a suposição de capacidade limitada (c) sugere que a exploração livre de um ambiente multimodal complexo pode gerar uma carga cognitiva pesada que seja prejudicial para a aprendizagem, especialmente para os principiantes que, de acordo com a suposição (d) do CATLM, não possui conhecimentos básicos suficientes para orientar seu processo de criação de significado.

De acordo com o princípio do feedback, os alunos principiantes aprendem melhor com o feedback explicativo do que corretivo apenas.

O feedback explicativo (EF) consiste em fornecer uma explicação baseada em princípios para o porquê as respostas dos alunos estão corretas ou incorretas, enquanto o feedback corretivo (CF) consiste apenas em comunicar se as respostas dos alunos estão corretas ou incorretas.

Pesquisas anteriores indicam que diferentes tipos de feedback têm diferentes influências no desempenho.

Descrição: Os alunos aprendem melhor com feedback explicativo em vez de correção apenas.

Fundamentação Teórica: O feedback explicativo reduz o processamento estranho fornecendo aos alunos os esquemas apropriados para reparar seus equívocos.

Estimulação

Outro desafio para a aprendizagem a partir de ambientes multimodais interativos é o processamento de telas dinâmicas, como animações de instrução e vídeos.

Imagine que um ambiente de aprendizagem interativo apresenta um aluno iniciante com uma animação narrada que explica como funciona um fenômeno científico. Neste exemplo, parte da narração será selecionada e processada no canal auditivo e parte da animação será selecionada e processada no canal visual. De acordo com os pressupostos (a) e (b) do CATLM, esta apresentação de modalidade mista é mais eficiente porque aproveita a existência de canais visuais e auditivos independentes, expandindo assim a capacidade efetiva de memória de trabalho. A estimulação é um exemplo de controle do tipo de interatividade.

Descrição: Os alunos aprendem melhor quando são autorizados a controlar o ritmo de apresentação dos materiais de instrução.

Fundamentação Teórica: O controle de ritmo reduz a retenção representacional, permitindo que os alunos processem pequenos pedaços de informação na memória de trabalho.

Pré-treinamento

Finalmente, considere como objetivo de aprendizagem um jogo educacional - chamado de Jogo de Perfil - no qual os alunos se sentam em uma tela de computador mostrando uma seção da superfície de um planeta. Eles podem desenhar uma linha e o computador irá mostrar-lhes uma linha de perfil, indicando o quão longe acima e abaixo do nível do mar a superfície está em cada ponto da linha. Ao desenhar muitas linhas, o

aluno pode determinar se a seção contém uma montanha, um vale, um cume, uma calha, uma ilha, e assim por diante. O conhecimento prévio pode ser um elemento importante na aprendizagem multimodal interativa, de modo que os alunos que não possuam conhecimentos prévios adequados podem beneficiar de um pré-treinamento altamente focalizado. O princípio do pré-treinamento é que os alunos aprendem melhor nos ambientes de aprendizagem multimodais interativos quando recebem pré-treinamento que ativa ou fornece conhecimento prévio relevante.

Descrição: Os alunos aprendem melhor quando recebem pré-treinamento focado, que fornece ou ativa o conhecimento prévio relevante.

Fundamentação Teórica: Pré-treinamento ajuda a orientar o processamento generativo do aluno, mostrando quais aspectos do conhecimento prévio para integrar com as informações recebidas.

CAPÍTULO 5 – MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

O desenvolvimento de um software de simulação requer atenção em diversos aspectos, para que o mesmo tenha sucesso na obtenção de seus objetivos. Além de conhecimento técnico em programação, design e animação, é preciso fazer uma análise do contexto onde o produto será inserido, os riscos e oportunidades oferecidos pelo processo e um gerenciamento dos custos x produtividade que o produto pode oferecer.

Os projetos envolvem um grande nível de complexidade e de interação entre diversos fatores que compõe o produto. No intuito de se ter uma melhor compreensão e controle sobre esses diversos fatores foram desenvolvidos alguns modelos que buscam dirigir o desenvolvimento de softwares.

A função dos modelos de desenvolvimento de softwares está relacionada ao ordenamento das fases de desenvolvimento e evolução do projeto e o uso de critérios para realizar a transição de uma fase para outra de forma organizada. Portanto, um modelo de desenvolvimento deve responder duas perguntas fundamentais ao projeto.

1 – O que devemos fazer a seguir?

2 – Por quanto tempo devemos continuar fazendo isso?

Um modelo de desenvolvimento é diferente de uma metodologia de desenvolvimento. Enquanto a metodologia pretende definir como navegar pelas diferentes fases de desenvolvimento de um produto e como as informações devem ser organizadas, um modelo orienta os critérios de transição entre as fases e define as próximas ações a serem tomadas. Os modelos de desenvolvimento são importantes por que muitos projetos falham por estabelecerem um ordenamento das fases de evolução de forma errada.

Este capítulo apresenta o Modelo Espiral de Desenvolvimento de Software de Boehm (1988), que foi utilizado na construção do software de simulação dos movimentos aparentes do Sol do Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual.

Com o objetivo de otimizar o processo de desenvolvimento de softwares o americano Barry W Boehm realizou pesquisa e análises de diferentes modelos de

desenvolvimento de softwares existentes. Nessa pesquisa ele percebeu que esses modelos tinham características positivas e negativas, e que a partir da adaptação e aplicação desses modelos em conjunto ele poderia desenvolver um modelo mais eficiente, o Modelo em Espiral de Boehm (1988).

Antes de apresentar o Modelo em Espiral, Boehm faz uma breve análise de outros modelos de desenvolvimento. Nessa análise ele destaca algumas qualidades que inspiram e influenciam no desenvolvimento de seu próprio modelo, e algumas características desses modelos que apresentam fraquezas ou riscos ao desenvolvimento de projetos. Os modelos que ele apresenta são: *the code-and-fix model*, *the stage-wise model*, *the waterfall model*, *the evolutionary development model*, e *the transform model*.

O modelo *Code-and-fix* (Codificar e Consertar em tradução livre) é um dos primeiros modelos de desenvolvimento de software e ele consiste em duas etapas.

- 1 – Escreva algum código.
- 2 – Conserte os problemas do código.

Resumidamente, o modelo consiste em dois passos diferentes, um é a criação de um código, e no segundo passo se acumulam as funções de design, testes e manutenção. Segundo Boehm, esse modelo implica em três grandes dificuldades, são elas:

A – Após um grande número de consertos, o código ganha uma estrutura frágil e dessa forma novos consertos se tornam mais caros. Nesse modelo se prioriza a codificação em detrimento do *design*.

B – Mesmo nos casos em que o software é bem desenvolvido ele não atende completamente às necessidades do usuário final. A reestruturação desse modelo para que se torne mais otimizado ao usuário final torna o desenvolvimento e seus consertos altamente caros. Faz-se a necessidade de uma fase de requisitos antes do *design* final.

C – Os códigos são caros para consertar por causa de sua fraca preparação para testes e modificações. Isso deixa claro que essas fases de desenvolvimento são necessárias num momento antecipado no processo.

The stagewise e *the waterfall models* (em tradução livre: Modelo das etapas sensatas e o Modelo de Cascata).

Na década de 50 havia um grande esforço no desenvolvimento de softwares, que levou os desenvolvedores a reconhecer que seus produtos deveriam ser analisados em diferentes estágios, gerando assim o modelo *Stagewise Model*. Este modelo define que o desenvolvimento do software deve se dar em diferentes etapas (plano operacional, especificações operacionais, especificações de código, e avaliação do sistema).

O modelo de cascata (*the waterfall model*) foi altamente influente na década de 70, ele foi fundamental para o aprimoramento do *Stagewise Model*. Ele proporcionou duas etapas fundamentais para o refinamento do *Stagewise Model*:

1 – Reconhecimento do *feedback* proporcionado por loops entre os estágios de desenvolvimento e sucessivos estágios para minimizar a repetição de trabalhos desnecessários envolvidos no *feedback* através de diversos estágios.

2 – A incorporação de prototipagem no ciclo de vida do software, por meio do “construir duas vezes” (*build it twice*) em paralelo com as análises requeridas e o design.

O desenvolvimento de softwares seguindo o modelo em cascata resolveu muitas dificuldades em projetos anteriores de desenvolvimento de software. Esse modelo de desenvolvimento ganhou espaço em diversos projetos de softwares para o governo e para indústria. Muitos dos problemas iniciais dos desenvolvimentos de software foram resolvidos por meio do uso de desenvolvimentos paralelos, famílias de programas, acomodação das mudanças evolucionárias, desenvolvimento e verificação formal do software e a validação e análise de riscos por meio do *Stagewise Model*.

No entanto, o uso do modelo em cascata, mesmo com sua extensiva revisão e refinamento, encontrou diversos problemas fundamentais na questão de desenvolvimento de softwares, o que levou a formulação de processos de desenvolvimento alternativos.

Uma das primeiras fontes de dificuldade com o modelo de desenvolvimento em cascata foi sua ênfase em elaborar documentos completamente baseados no critério dos requisitos previamente definidos e suas fases de *design*. Para alguns tipos de softwares, como sistemas operacionais de segurança, esse é o modo mais eficiente de ser proceder. No entanto, esse modelo não funciona bem com diversas outras classes

de software, particularmente com os programas interativos destinados ao usuário final. Segundo Boehm, os padrões de diligência de documentos muitas vezes levam os projetos a elaborar especificações de baixa compreensão nas interfaces de usuário, seguida pelo design e desenvolvimento de uma ampla quantidade de códigos inúteis.

O modelo de cascata falhou por seguir estágios em uma ordem errada. Além do mais, em áreas que fazem uso de linguagens de 4ª geração (planilhas e aplicações em pequenos negócios) é clara a falta de necessidade de escrever especificações elaboradas para uma aplicação antes de implementá-la.

As considerações sobre o modelo de desenvolvimento em cascata levaram à formulação do modelo de desenvolvimento evolucionário. Neste modelo os estágios consistem em expandir e incrementar um produto de software operacional, com o direcionamento da evolução ser determinada pela experiência operacional.

O modelo de desenvolvimento evolucionário combina muito bem com as aplicações de linguagem de quarta geração, e combina muito bem com as situações onde o usuário não sabe o que ele realmente quer, mas ele descobre isso quando vê. Isso dá ao usuário uma rápida capacidade de operação, e proporciona uma base operacional para determinar as melhorias subsequentes do produto.

Não diferente dos outros modelos, o modelo de desenvolvimento evolucionário também apresenta alguns defeitos ou fraquezas. Em primeiro lugar é difícil distinguir entre as características do modelo *write-and-fix* onde a falta de planejamento das etapas subsequentes são o motivador do modelo de desenvolvimento em cascata. Esse modelo também é baseado na irrealística presunção que o sistema operacional será suficientemente flexível para acomodar caminhos de evolução não planejados. Segundo Boehm, essa presunção não se aplica em três circunstâncias.

1 – Circunstâncias em que diversas aplicações independentes envolvidas devem ser subsequentemente integradas de forma próxima.

2 – Casos de “esclerose da informação” em que o trabalho em torno das deficiências do software se solidifica em uma imutável retenção da evolução. São exemplos quando os usuários do software dizem que o mesmo poderia ser mais inteligível, porém a equipe de desenvolvimento do software define aquilo como seu padrão.

3 – Situação de ligação, onde o incremento de um novo software substitui um enorme sistema já existente. Se o sistema existente for modulado de forma pobre, se torna difícil de proporcionar uma boa sequência de ligações entre o velho software e a expansão dos incrementos do novo software.

Sob essas condições, o modelo de desenvolvimento evolucionário falhou por realizar os estágios de desenvolvimento em uma ordem errada: envolvendo muitos códigos difíceis de serem alterados antes de responder às considerações de uso e a arquitetura de longo alcance.

O modelo de transformação (*the transform model*) ignora as dificuldades em modificar os códigos que se tornaram fragilmente estruturadas por meio das repetidas reotimizações, por que as modificações são feitas com base nas especificações. Isso também evita o tempo extra e os gastos envolvidos no intermédio do design, código, e atividades de testes.

Ainda assim, o modelo de transformação encontra várias dificuldades. As capacidades de transformações automáticas são possíveis apenas em produtos pequenos e em poucas e limitadas áreas. Esse modelo também divide algumas falhas com o modelo de desenvolvimento evolucionário ao assumir que os sistemas operacionais de usuários sempre serão suficientemente flexíveis a ponto de suportar caminhos de evolução não planejados. Além disso, esse modelo teria grandes problemas ao lidar com a manutenção da base de conhecimento tendo em vista o rápido aumento de suprimentos de componentes e produtos de softwares comerciais.

O modelo em Espiral. O modelo em espiral do processo de desenvolvimento de softwares envolveu muitos anos de pesquisa e diversos refinamentos do modelo em cascata por ser aplicado em grandes projetos de softwares para o governo norte-americano. O modelo espiral pode comportar a maioria dos modelos que vimos anteriormente e em casos especiais pode direcionar a qual combinação dos modelos anteriores podem se adaptar melhor à situação de cada software.

A seguir apresentamos a figura 5.1, que representa o diagrama da espiral do Boehm.

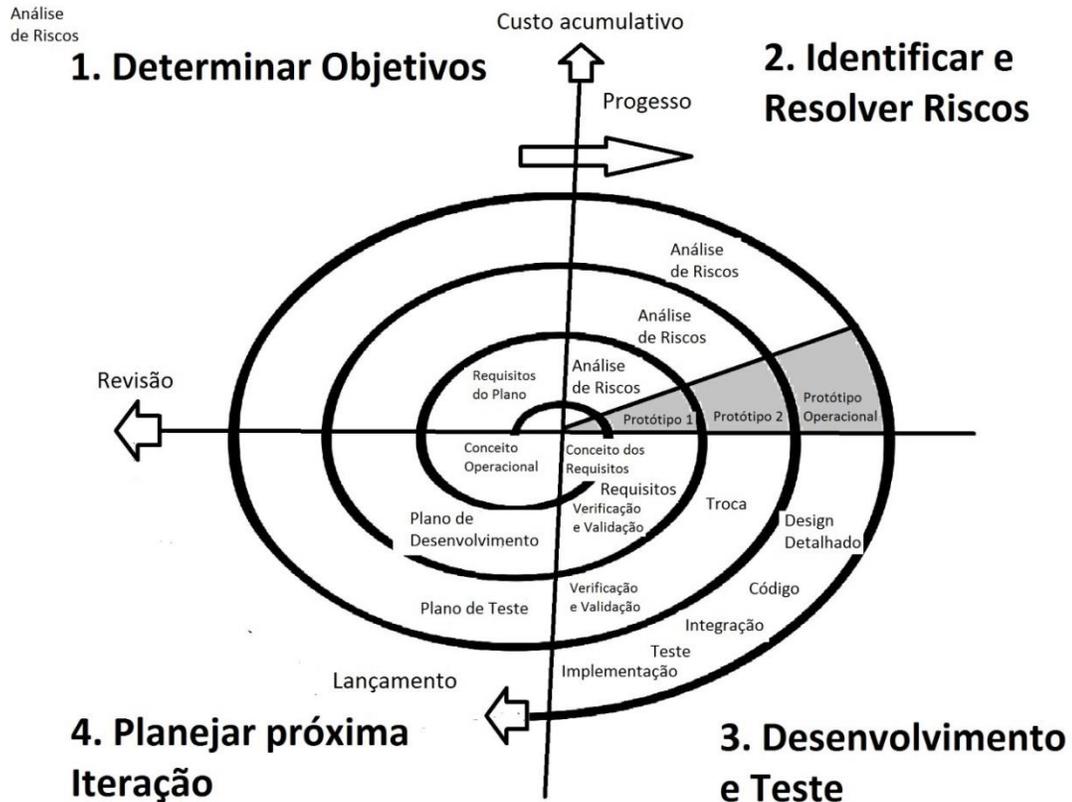


Figura 5.1. Modelo espiral do processo de software de Boehm

A dimensão radial na Figura 5.1, que adaptamos de Boehm (1988), representa o acúmulo de custos que ocorrem completando os passos em direção aos objetivos; a dimensão angular representa o progresso feito ao completar cada ciclo da espiral. O modelo acaba refletindo o conceito de que cada ciclo envolve um progresso que obedece a mesma sequência de passos para cada parte do produto e para cada nível de elaboração, desde conceito total do documento de operação à codificação de cada programa. Boehm destaca que algumas licenças artísticas foram tomadas com o aumento da dimensão de custo acumulativo para aperfeiçoar a legitimidade dos passos na Figura 5.1.

Para Boehm, cada ciclo da espiral começa pela identificação de:

- Os objetivos da parte do produto que está sendo elaborado (performance, funcionalidade, habilidade de acomodar mudanças, etc.);
- Os meios alternativos de implementar essa parte do produto (design A, design B, reuso, compra, etc.); e
- As restrições impostas na aplicação das alternativas (custo, calendário, interface, etc.).

O próximo passo é avaliar as alternativas referentes aos objetivos e suas restrições. Com frequência esse processo identificará áreas de incertezas que são as fontes mais significativas para os riscos do projeto. Caso isso aconteça, o próximo passo envolve uma formulação de uma estratégia de custo efetivo para a resolução desse risco. Isso provavelmente envolva prototipagem, simulação, aferição, checagem de referências, administração de questionários de usuários, modelos analíticos, ou uma combinação dessas e outras técnicas de solução de riscos.

Uma vez que os riscos são avaliados, o próximo passo é determinado pelos riscos relativos que restaram. Se o desempenho, ou a interface de usuário põe em risco o desenvolvimento do programa o próximo passo pode ser um desenvolvimento evolucionário: um mínimo de esforço para especificar a natureza global do produto, um plano para o próximo nível de prototipagem e o desenvolvimento de um protótipo mais detalhado para continuar a resolver os problemas de riscos maiores.

Se esse protótipo é operacionalmente útil e robusto o suficiente para servir como uma base de baixo risco para futuras evoluções do produto, o direcionamento de riscos seguinte seria envolver uma série de protótipos evolucionários, se movendo à direita na figura. Assim, as considerações de risco podem levar a um projeto de execução apenas um subconjunto de todos os passos potenciais no modelo.

Por outro lado, se os esforços para resolver todos os riscos de performance ou de interfaces de usuário foram previamente dominados, então o próximo passo segue basicamente a forma do modelo de cascata (conceito de operação, requisitos do software, design preliminar, etc. na figura), modificado de forma apropriada para incorporar os desenvolvimentos incrementais. Cada nível de especificação do software

na figura é seguido por uma etapa de validação e preparação de planos para o ciclo seguinte. Nesse caso, as opções para o protótipo.

Esse subconjunto de passos para o direcionamento de riscos do modelo em espiral acomoda qualquer mescla de especificações orientadas, simulações orientadas, transformações orientadas automáticas, em outros desenvolvimentos de software. Nesses casos, a estratégia apropriada de mistura é escolhida considerando a magnitude relativa dos riscos do programa e a relativa eficiência de várias técnicas envolvidas na resolução dos riscos. De forma geral, as considerações sobre o gerenciamento de riscos podem determinar a quantidade de esforço que deve ser dedicado a atividades como, planejamento, gerenciamento de configuração, segurança de qualidade, verificação formal, e testes. Em particular, as especificações de direcionamento de riscos podem variar em grau de complexidade, formalidade, e granularidade, dependendo se os riscos relativos são feitos com muitas, ou poucas especificações.

Uma característica importante do modelo espiral, assim como os demais modelos, é que cada ciclo é completado pela revisão envolvendo as pessoas e a organização que se dedicam ao produto. Essa revisão cobre todos os desenvolvimentos do produto durante o ciclo anterior, incluindo planos para o próximo ciclo e os recursos que serão necessários para leva-lo adiante. O principal objetivo da revisão é garantir que todas as partes importantes estão mutualmente comprometidas na aproximação da próxima fase.

O plano de fases sucessivas também inclui partições do produto em incrementos para um componente ser desenvolvido por uma organização individual, ou uma pessoa. Para este último caso deve-se visualizar uma série de ciclos espirais em paralelo, uma para cada componente, adicionando uma terceira dimensão ao conceito da figura. Então, espirais separadas podem representar diferentes partes e componentes do software. A revisão dos desenvolvimentos realizados deve ser experimentada por todos os envolvidos no projeto: desenvolvedores, consumidores, usuários e organizações de manutenção.

Para iniciar e finalizar o ciclo em espiral, Boehm propõe 4 perguntas fundamentais:

- 1 – Como a espiral sempre é iniciada?!
- 2 – Como sair da espiral quando um projeto está propriamente finalizado mais cedo?
- 3 – Por que a espiral foi terminada de forma tão abrupta?
- 4 – O que acontece com a evolução do software e sua manutenção?

A resposta a essas perguntas envolve a observação que o modelo espiral aplica nos esforços de desenvolvimento e melhorias. Nos dois casos, a espiral é iniciada com uma hipótese que uma missão operacional particular pode ser melhorada pelos esforços do software. Então, o modelo espiral envolve o teste de hipóteses: a qualquer momento, se a hipótese falhar no teste, a espiral é terminada. De outro modo, se é finalizada com a instalação de um novo e modificado software, e a hipótese é testada pela observação do efeito operacional da missão. Normalmente, a experiência com a missão operacional leva a futuras hipóteses sobre as melhorias do software, e uma nova espiral de manutenção é iniciada para testar a hipótese. A iniciação, a terminação e a iteração de tarefas e produtos de um ciclo anterior estão implicitamente definidas no modelo espiral, apesar de não estarem representados na Figura para simplificar sua apresentação.

A seguir descrevemos o relatório de desenvolvimento do Observatório Solar Indígena Virtual fazendo uso de algumas características apresentadas no Ciclo Espiral de desenvolvimento de softwares de Boehm.

CAPÍTULO 6 – RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Em 2005, enquanto trabalhávamos com o planetário inflável ainda buscávamos soluções que tornassem o processo mais simples para transporte, mais barato, e com uma tecnologia que fosse mais atraente para o interesse dos alunos. Naquela época já imaginávamos um “capacete” de realidade virtual, onde o aluno poderia contemplar o céu, seus movimentos e a apresentação da astronomia e cultura indígena, porém as ideias estavam à frente do nosso tempo, pois ainda não existia esse dispositivo. Pensamos em diversas formas de tornar possível essa ideia, mas o desenvolvimento desse equipamento seria extremamente caro, e inviável.

Até que, no ano de 2014, foi lançado o “*Oculus RIFT SDK1*”, um óculos de realidade virtual, principalmente para games e entretenimento. Esse modelo é chamado de SDK por ser um Kit comercializado apenas para desenvolvedores de conteúdos com imersão em realidade virtual 3D.

Adquirimos um desses dispositivos, pois estava claro que esse ele nos permitiria realizar atividades práticas em astronomia, assim como em outras áreas do conhecimento. A partir disso, precisávamos descobrir como realizar uma produção digital para tal equipamento, e foi aí que se iniciou a fase de desenvolvimento.

O desenvolvimento do software não se realizou através de um método específico e organizado, pois não havia nenhum tipo de curso, professor, ou material didático pronto para se iniciar um desenvolvimento desde tipo. Por isso nosso caminho foi repleto de erros e acertos, que nos levaram a atingir um nível razoável no desenvolvimento desse software. Foi só depois de desenvolver as primeiras etapas do software percebemos uma grande semelhança entre os passos que seguimos e o ciclo de desenvolvimento em espiral proposto por Boehm.

A partir dessa concepção sobre o ciclo de desenvolvimento em espiral do Boehm podemos definir os passos de desenvolvimento como: *Define, Design, Demonstrate e Deliver*.

A seguir, tentaremos justificar nosso percurso de desenvolvimento de acordo com tais etapas.

Define (definir):

A primeira fase é a definição do que se vai fazer. Existem diversos tipos de informações e de dados que podem ser usados para direcionar um desenvolvimento pertinente.

As informações sobre o universo onde o produto atuará podem ser divididas em: **Demográficas:** que são as características do público alvo, como gênero, idade, classe social, nível cultural. Essas informações são pertinentes para se definir a melhor linguagem em relação ao seu público alvo. Vale lembrar que o mesmo conteúdo que é ensinado para crianças, jovens e adultos deve ter sua linguagem adequada, para que sua explicação tenha melhor assertividade.

Geográficas: Quais os lugares de interesse e por que o produto deverá atuar em tais áreas? Qual é o tamanho do universo onde o produto atuará? Essas informações são relevantes para se definir o grau de investimento proposto pelo produto, e quais regiões ele deve, ou pode atingir.

Psicográficas: são informações sobre os hábitos de consumo de mídia do público alvo. Essas informações podem revelar as preferências de seu público alvo, e qual meio seria mais adequado para atingi-lo.

Essas são algumas sugestões para que se tenha uma visão mais cartesiana do cenário. Porém, é importante destacar que, no meu caso, o desenvolvimento do software se deu apenas por observação, empirismo e intuição.

Vamos ao que foi observado em relação ao nosso software nos apontamentos de nosso em diário de campo.

Nas características demográficas: Observamos que o conhecimento sobre o Sol e de seus movimentos aparentes não são reconhecidos por pessoas de diferentes idades e gêneros, a linguagem verbal deve ser adequada ao usuário em questão, mas basicamente deve-se fazer uso do visual e da animação 3D a fim de simular um ambiente real.

Nas Características Geográficas: Em todas as regiões do Brasil e em diversos países do Mundo não há ensinamentos práticos sobre os movimentos aparentes do Sol.

Nas Características Psicográficas: Percebemos com base na observação, que a maioria dos jovens tem o hábito de consumir material produzido em linguagem 3D, em sua maioria também consomem jogos de vídeo game, cinema 3D, smartphones, aplicativos. Esses tipos de recursos e dispositivos se mostram muito atraentes a todos, principalmente à geração de nativos digitais (PRENSKY, 2001).

Portanto, nós já tínhamos o dispositivo, por quem e para o quê ele seria usado e por que era importante utilizar dessa tecnologia para nossa atividade.

Devemos destacar que essa tecnologia pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, onde a imersão é importante, como por exemplo: o estudo de biomas naturais.

Design

Essa fase está relacionada ao desenvolvimento em si do programa. Nessa fase, além de meter a mão na massa, é importante fazer uma vasta pesquisa sobre os recursos necessários para desenvolver o software.

No nosso caso, o primeiro passo foi descobrir qual tipo de ferramenta seria necessária na construção do software. Para isso, fui a uma ferramenta de busca na internet e digitei qual sua finalidade: “Programas para desenvolver games” ou “Programas para modelagem 3D”.

Uma das primeiras listas que encontrei *continha três exemplos que me chamaram atenção: o Blender, o Unreal Engine e o Unity3D.*

A partir dessa lista, realizei uma leitura para saber o que essas opções oferecem ao objetivo do seu desenvolvimento.

Durante o processo de compreensão das funções específicas de cada software, percebi que o possuía recursos específicos para desenvolvimento de produtos que utilizam a tecnologia dos dispositivos de realidade virtual, por isso o *Unity3D* foi selecionado para iniciar o desenvolvimento. Atualmente o *Unreal Engine* também dispõe de ferramentas de integração para o uso dos dispositivos de realidade virtual.

Definidos o dispositivo (óculos de realidade virtual) e o software para construção do produto (*Unity3D*), iniciasse a etapa de pesquisa para se apreender como utilizar as ferramentas e conceber uma produção.

A primeira experiência segue um modelo previamente construído e divulgado no youtube, no link:

<https://www.youtube.com/watch?v=dcO-9scGvJs>

Esse vídeo faz uma breve introdução sobre alguns recursos que são necessários para se desenvolver um produto para óculos de realidade virtual.

Para se produzir em realidade virtual é necessário o uso de *assets* (acessórios) disponíveis no site oficial do site OVR (*Oculus Virtual Reality*). Em primeiro lugar é preciso fazer o download do *Oculus Runtime*, que é um tipo de driver necessário para que os óculos de realidade virtual funcionem em seu computador. O *Runtime* é necessário para rodar qualquer programa que se utilize do dispositivo. Depois de ter instalado o runtime, é necessário fazer o download de uma ferramenta chamada *Unity Integration*, que é a ferramenta que integra seu projeto ao uso dos óculos de realidade virtual.

Depois de seguir esses passos, foi possível compreender como produzir um material para óculos de realidade virtual. A partir de então devemos procurar novas soluções para desenvolver o cenário que desejamos criar.

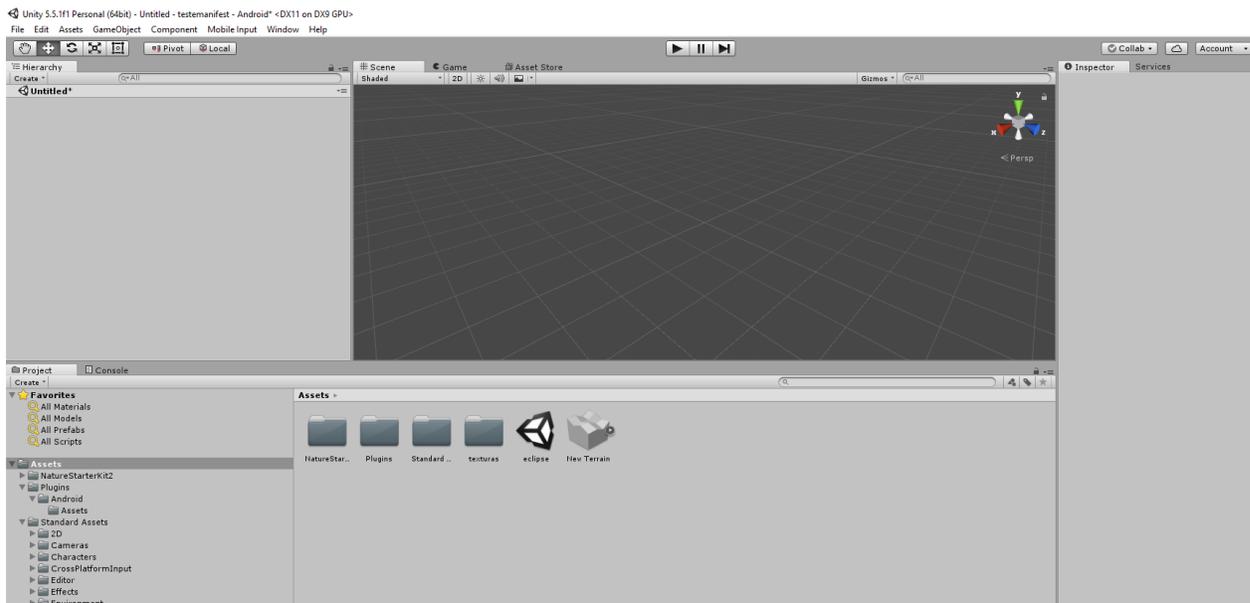


Figura 6.1 – Tela inicial do Unity 3D

O primeiro passo no desenvolvimento do Observatório Solar Indígena Virtual foi a criação de um terreno virtual. Para isso é necessário ir à guia *Hierarchy*, clicar com o botão direito, selecionar a opção *3D Object* e em seguida *Terrain*.

Na tela *scene* surge um terreno branco, e na guia *hierarchy* aparece a palavra *terrain*. Ao clicar sobre a palavra *terrain*, a guia *inspector* mostra todas as informações sobre esse objeto. Em *inspector*, aba *terrain*, estão todas as ferramentas necessárias para a edição do terreno.

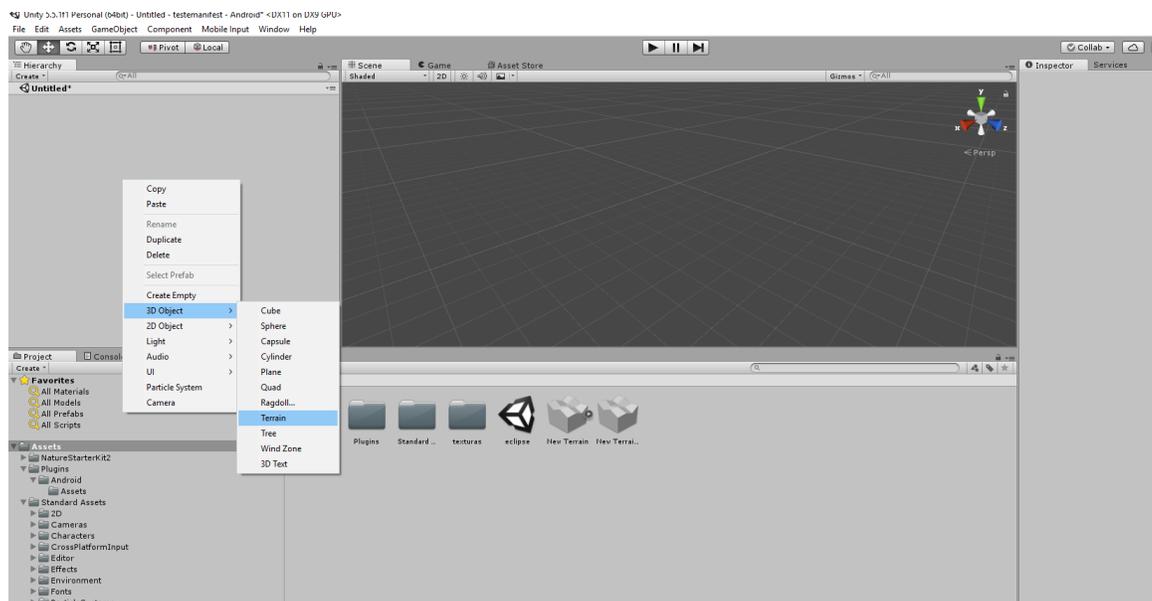


Figura 6.2 – Criando um terreno no Unity 3D

São sete as ferramentas que possibilitam alterar o relevo do terreno, alterar sua textura e adicionar gramado e árvores 3D. Na primeira vez que passamos por essa etapa foi adicionado apenas uma textura de gramado, selecionando a ferramenta *Paint Texture*, depois *Edit Texture*, *Add Texture*, *Texture 2D Select*, selecionamos a textura de grama, e clicando em *Add*. Dessa forma é adicionada uma textura em duas dimensões ao terreno.

Toda essa etapa de desenvolvimento do terreno ocorreu de forma intuitiva, sem a necessidade de pesquisa na internet, graças ao *design* intuitivo do *Unity3D* e às diversas tentativas e erros.

O passo seguinte é a construção do Observatório Solar Indígena sobre esse terreno. Em primeiro lugar é preciso criar um cilindro, para isso é necessário clicar com o botão direito do mouse sobre a guia *hierarchy*, *3D Object* e *Cylinder*. Geralmente o objeto é criado na posição $x=0$ $y=0$ $z=0$, como indica a guia *inspector* do objeto. Como nosso terreno tem as medidas de 500X500 foi necessário deslocar esse cilindro para a posição $x=250$ $y=0$ $z=250$, dessa forma o cilindro se posiciona no centro de nosso terreno.

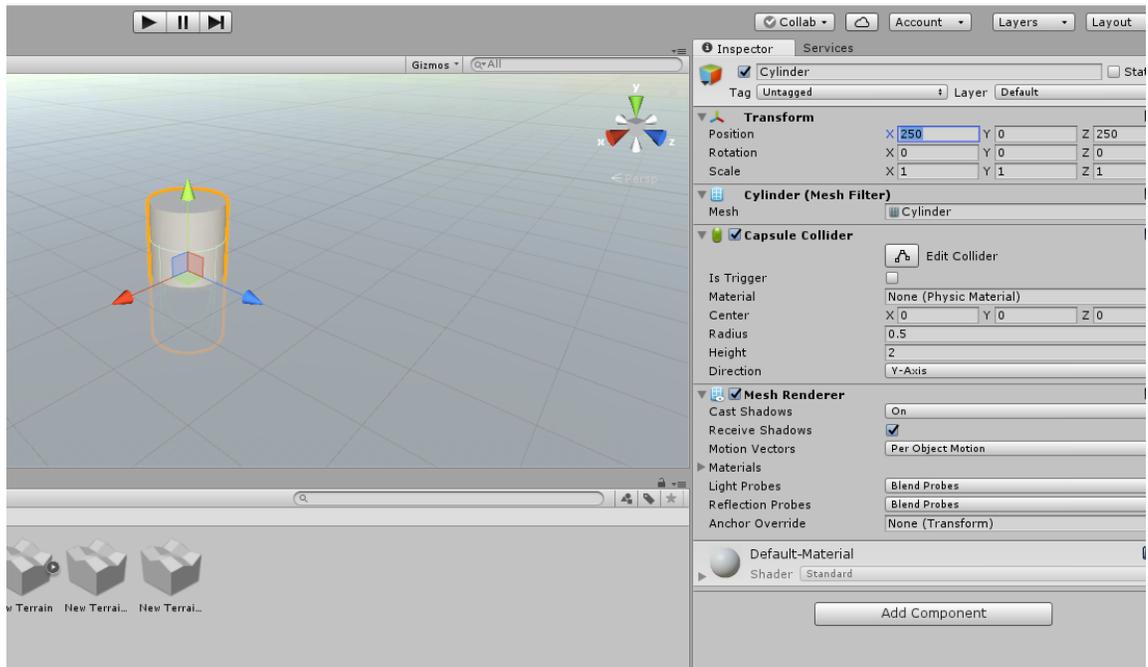


Figura 6.3 – Posicionando objetos no terreno com Unity 3D

Esse cilindro marca a circunferência base do Observatório Solar Indígena. Agora é necessário criar os raios que marcam os pontos cardeais e posições de nascer e pôr do Sol nos solstícios. Para isso criamos um cubo, da mesma forma que foi feito o cilindro: botão direito do mouse em *hierarchy*, *3D Object* e *Cube*. Novamente o *cube* está na posição $x=0$ $y=0$ $z=0$, e deve ser movido para a posição $x=250$, $y=0$, $z=250$.

Assim que o cubo fica centralizado, selecionamos o mesmo e usamos as teclas $ctrl+c$ e $ctrl+v$ para duplicar o cubo, assim como um editor de texto. Feito isso, usamos a ferramenta de *resize*, no canto esquerdo superior, para alterar as medidas do cubo e transforma-lo em duas linhas transversais no centro da circunferência.

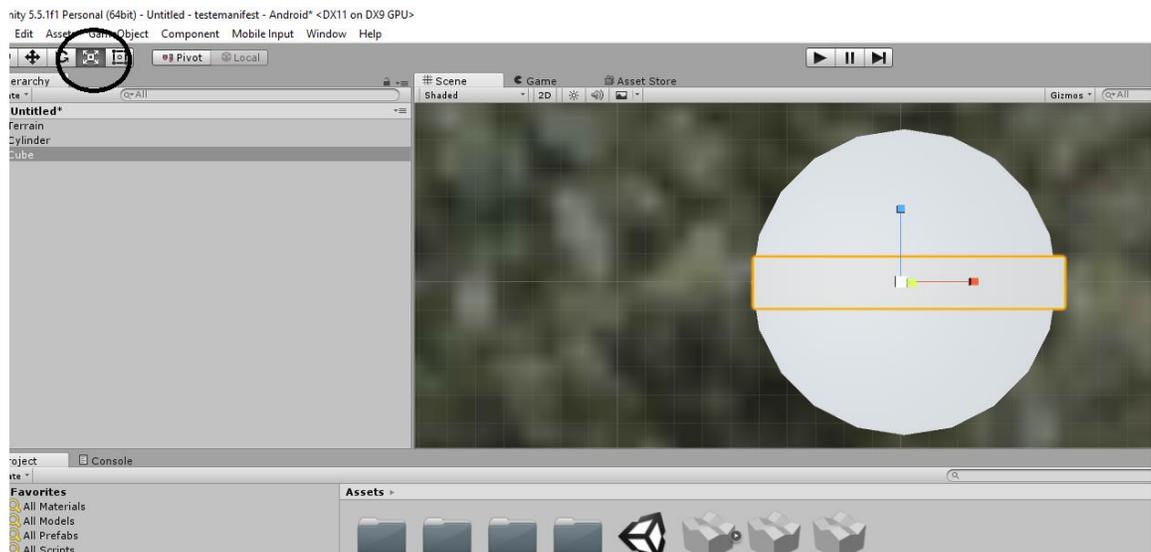


Figura 6.4 – Modelando o cubo no Unity 3D

Selecionamos o cubo que forma a linha leste-oeste e triplicamo-la usando novamente o control+c e duas vezes o control+v. O primeiro cubo continua marcando a linha leste-oeste enquanto os outros dois sofrerão uma rotação de 23,5 graus (inclinação do eixo de rotação da Terra). Selecionamos um deles e na guia *inspector* procuramos os campos de rotate (rotation), que estão marcando x=0 y=0 z=0, alteramos um cubo para x=0 y=23,5 e z=0. Para o outro cubo usamos os valores x=0 y=-23,5 e z=0. Lembrando que 23,5 é a inclinação do eixo de rotação da terra, que corresponde aos pontos de nascer e por do Sol nos solstícios de verão e de inverno.

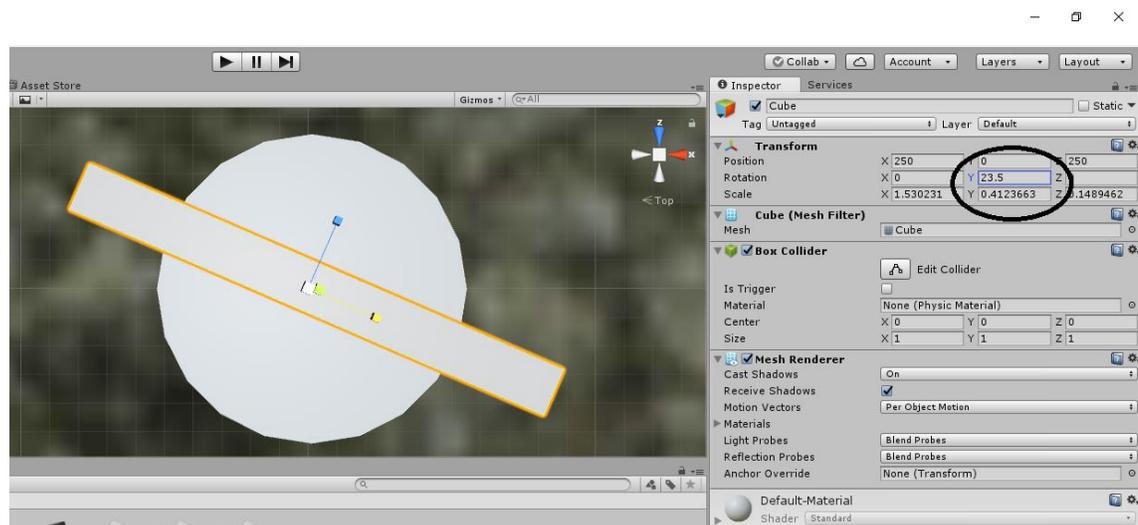


Figura 6.5 – Alterando a rotação do objeto no Unity 3D

Temos o formato do Observatório Solar Indígena, agora é preciso modelar as pedras. Para modelar as pedras precisamos criar uma esfera. Essa esfera deve ser criada da mesma forma que foram criados o cilindro e os cubos. Clicamos na aba *hierarchy* com o botão direito do mouse, selecionamos *3D object* e *sphere*. Criada essa esfera adicionamos uma textura a ela. Para isso vamos ao Google e usamos a palavra chave *stone texture*, surgem diversos resultados, selecionamos o que nos parece mais a uma textura de pedra, fazemos o download, e aplicamos o arquivo de textura à pedra de forma simples, bastando clicar e arrastar a textura de pedra e soltá-la sobre a esfera. Dessa forma, a esfera ganha a aparência de uma pedra.

Agora ocorre uma das partes mais trabalhosas, pois é necessário usar o comando *control+c/control+v* diversas vezes, até criar um número de pedras suficiente para cobrir as marcações do observatório solar. À medida que as pedras são criadas, utiliza-se a ferramenta de arrastar (*drag*) para posicionar as pedras sobre as marcações do observatório, esse processo não é difícil, mas demorado.

Assim que todas as pedras estão sobre as marcações do observatório, selecionamos os cubos e o cilindro e os apagamos com a tecla delete. Dessa forma a única estrutura que permanece é a do observatório composto por pedras.

Para criar o monólito central, basta criar um cubo, posiciona-lo no centro do observatório e deforma-lo a fim que suas faces maiores fiquem orientadas para norte/sul e suas faces menores fiquem orientadas para leste/oeste.

Nesse ponto temos o terreno com textura aplicada, o observatório solar feito de esferas texturizadas e o monólito central. Agora devemos instalar a câmera.

No caso de produções para realidade virtual com o uso do *Oculus Rift* é necessário fazer o download do site OVR (como dito anteriormente). A partir do momento que temos esse arquivo basta abrir seu projeto e depois clicar duas vezes sobre o arquivo de integração, que fará uma auto instalação e aparecerá disponível na guia *project* como OVR. Dentro da pasta OVR existem outras pastas, uma delas chamada *Prefabs*. Dentro desta pasta há um arquivo chamado *OVRplayercontroller*, que deve ser arrastado até a guia *Hierarchy*, ou para dentro da cena. Assim é possível

ver um personagem virtual dentro da cena. Posicionamos esse personagem um pouco ao sul do Observatório Solar Indígena e rotacionamos sua câmera em direção ao norte.

Esse personagem fica com as configurações necessárias para realizar os movimentos de cabeça (com os óculos) e alguns comandos padrões para teclado, como as teclas W, A, S, D, muito usadas para deslocamento em jogos de tiro. Então passamos à instalação do céu.

Nossa primeira experiência foi com o *Time of Day*, um *asset* (acessório) que reproduz as dinâmicas do céu de forma realista. A instalação do *Time of Day* é bem simples. Enquanto com o *Unity3D* aberto em nosso projeto, basta clicar duas vezes sobre o *asset* e ele faz uma auto instalação na guia *Project*. Depois, vamos aos pré-fabricados (*prefabs*) e arrastamos o *SKYDOME* para a aba *Hierarchy*. Dessa forma o *asset* já está instalado, mas ainda é preciso fazer alguns ajustes para que ele funcione. Em geral, todos os *assets* relacionados à produção de um céu virtual estão atrelados ao uso de componentes, que devem ser instalados na câmera principal, para que essa possa captar todos os efeitos do *asset*. No caso do *Time of Day*, vamos ao *OVRplayercontroller*, na guia *Inspector* selecionamos o *tag* de *main camera* para esse objeto, mais abaixo vemos a opção *add component*, então vamos a opção *time of day* e selecionamos a opção *Camera Main Script*, e dessa forma nossa câmera está apta a reconhecer todos os efeitos disponíveis no *asset Time of Day*.

O cenário está montado e nosso personagem (câmera) já o reconhece. Porém a programação dos movimentos do céu ainda não foi inserida. Ao clicar no objeto *skybox* que fica na guia *hierarchy*, temos as informações do objeto a guia *Inspector*. Nessa guia é possível ver os campos de longitude e latitude, fuso horário, data e hora para que a apresentação se adeque a posição global do evento. Por exemplo, quando fazemos uma apresentação em Curitiba, usamos as coordenadas geográficas de Curitiba e, dessa forma, observamos o céu visto de Curitiba, PR. Mas, quando fazemos uma apresentação em Belém do Pará podemos adequar os dados a fim de simular o céu local. Usando-se dos campos de data e horário podemos visualizar o céu em diferentes datas e simular as diferentes estações do ano em poucos minutos.

Além disso, o *Time of Day* tem uma ferramenta que permite observar um céu estático, em uma determinada hora, data e local, ou um movimento dinâmico e

simulado que pode obedecer a diferentes escalas de tempo, permitindo que o usuário contemple o movimento aparente do Sol de um dia completo em apenas 30 segundos.

Temos todos os elementos compondo nosso cenário, então é a hora de criar a primeira versão do protótipo. Salvamos o projeto e a cena, depois clicamos em file e vamos a build settings. Em build *settiings* selecionamos a plataforma windows, selecionamos a opção *develop* (development) *building* e clicamos em *build*. É necessário definir um destino para os arquivos e assim segue a construção da primeira *build*. Chegamos ao ponto de demonstrar nosso protótipo e colher as primeiras impressões.

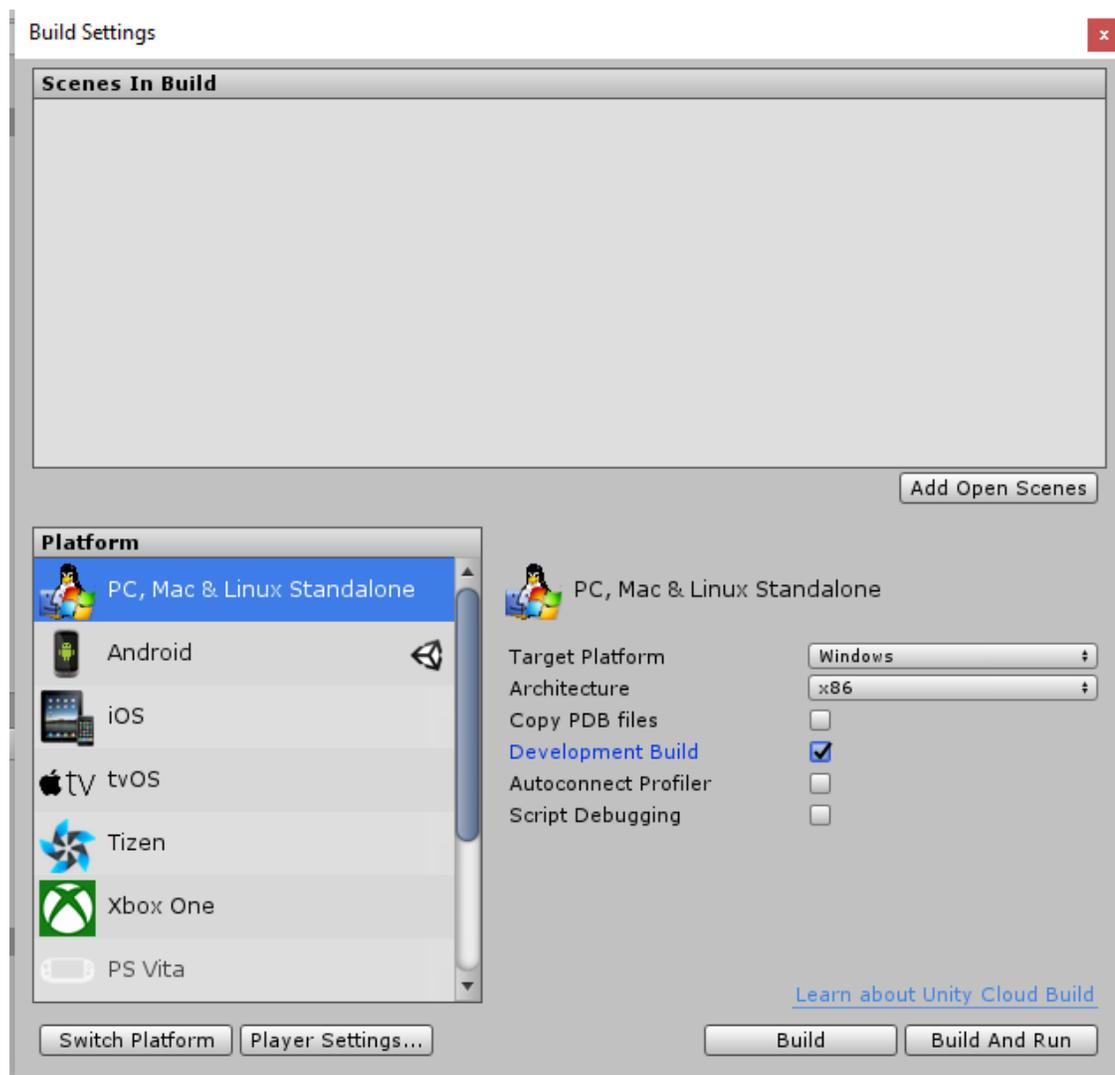


Figura 6.6 – Tela de construção do executável para plataforma windows

Demonstrate

Tivemos a oportunidade de demonstrar o software de simulação em realidade virtual em diversas ocasiões. Neste capítulo citaremos, resumidamente, somente as demonstrações que contribuíram para a melhoria do software, de acordo com a Teoria Espiral de tendo em vista que estávamos interessados, também, em observar a reação das pessoas. Todas as observações que realizamos serão analisadas no próximo capítulo, para que não seja misturado com este capítulo que é bastante técnico e não aumentar, desnecessariamente, a carga cognitiva.

Demonstrate 1

Em uma demonstração que fizemos na Escola Indígena Itaty, Palhoça. SC, os indígenas relataram que a aparência do Sol ofuscava o visor dos óculos, produzindo um efeito que tornava quase impossível acompanhar a trajetória solar diurna. Isso no fez retornar à fase do design.

Design 2

Na segunda etapa de *design* passamos a tratar do problema relatado pelos indígenas de Itaty em relação à aparência do Sol. Esse problema pôde ser resolvido ao acessar a guia *Inspector* do objeto *Skydome*. Nessa guia existem diversos parâmetros que podem ser alterados a fim de atingir o resultado esperado. Por meio de tentativa e erro pudemos corrigir os aspectos da atmosfera, do brilho do Sol e seu tamanho aparente.

Porém, nessa segunda etapa passamos a utilizar o *asset Universe – Realistic Sky* para reproduzir o céu.

Com esse *asset* pudemos tratar não apenas dos movimentos aparentes do Sol, mas também com o céu noturno e suas constelações. Da mesma forma que com o *Time of Day*, no *Universe* precisamos calibrar as características de atmosfera, brilho e tamanho do Sol, assim como foram tratadas as imagens que representam o céu noturno. O *Universe* se mostrou mais completo que o *Time of Day*, pois permite editar

algumas características da abóboda celeste como a inserção de constelações indígenas no céu noturno.

Além disso, o *Universe* tem um controle de escala do tempo manual, que permite que a pessoa que transmite a informação possa mover o céu na direção desejada, para apresentar algumas partes do conteúdo conforme o aluno vai assimilando. Com o uso do *Universe* e do *Rift* também é possível mostrar objetos no cenário utilizando o ponteiro do mouse, dessa forma torna-se mais fácil transmitir as informações.

Demonstrate 2

Após a segunda fase de design foram feitas diversas demonstrações do dispositivo e do software desenvolvido com os “*Oculus Rift*”, sem nenhuma outra sugestão de melhoria.

Ao longo das apresentações o *Rift* se mostrou um tanto trabalhoso para o transporte, principalmente em comunidades indígenas. Todas as vezes que programávamos uma demonstração, precisávamos transportar o *Rift*, o computador, monitor, teclado e mouse e ainda dependíamos de uma rede elétrica. Assim, era necessário ter um equipamento que eliminasse esses problemas.

Define 2

Coincidentemente, nessa época ocorria o lançamento do *smartphone Samsung S7*, que trabalha de forma integrada com um tipo de máscara de realidade virtual, o *VR Gear*.

Com essas mudanças o projeto não muda seu curso em termos de objetivos, mas é drasticamente otimizado ao ponto de que pode ser levado a lugares de difícil acesso como comunidades indígenas distantes e que não dispõe de energia elétrica. Além disso, o volume a ser transportado reduz drasticamente, podendo ser carregado em uma pequena mochila. Por isso, nosso projeto ganha novas dimensões em relação ao universo que pode atingir.

Porém, toda a parte operacional do programa precisou ser refeita, de acordo com as exigências do novo dispositivo.

Design 3

Para o desenvolvimento dos produtos para o *VR Gear* existe uma série de diferenças no projeto do *Rift* que deveriam ser corrigidas e adaptadas. As primeiras alterações foram em relação aos softwares que devem ser usados em conjunto com o *Unity3D*. No nosso caso, o próprio *Unity* teve que ser atualizado para uma versão mais recente, a versão 5.3. Essa alteração implicou em uma série de incompatibilidades dos elementos usados nos projetos anteriores, incluindo o *Realistic Sky*, que teve que ser substituído pelo *Time of Day*. Foram também necessários os seguintes programas: *SDK (Android Suite Development Kit)* e o *JDK (Java Development Kit)*, para essa nova linha de desenvolvimento.

Esses programas foram instalados e depois integrados ao *Unity* da seguinte maneira: um click em *edit* e outro em *preferences*. Depois, selecionamos a guia *external tools*, para inserir os caminhos onde os programas foram respectivamente instalados.

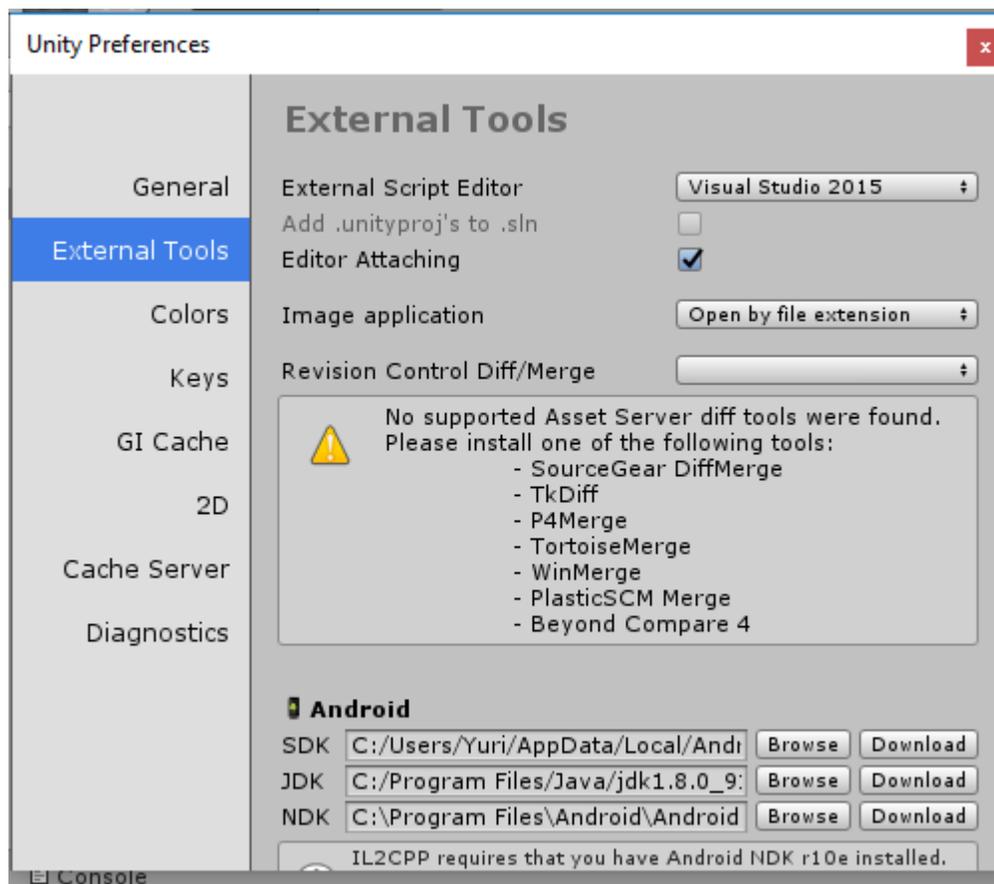
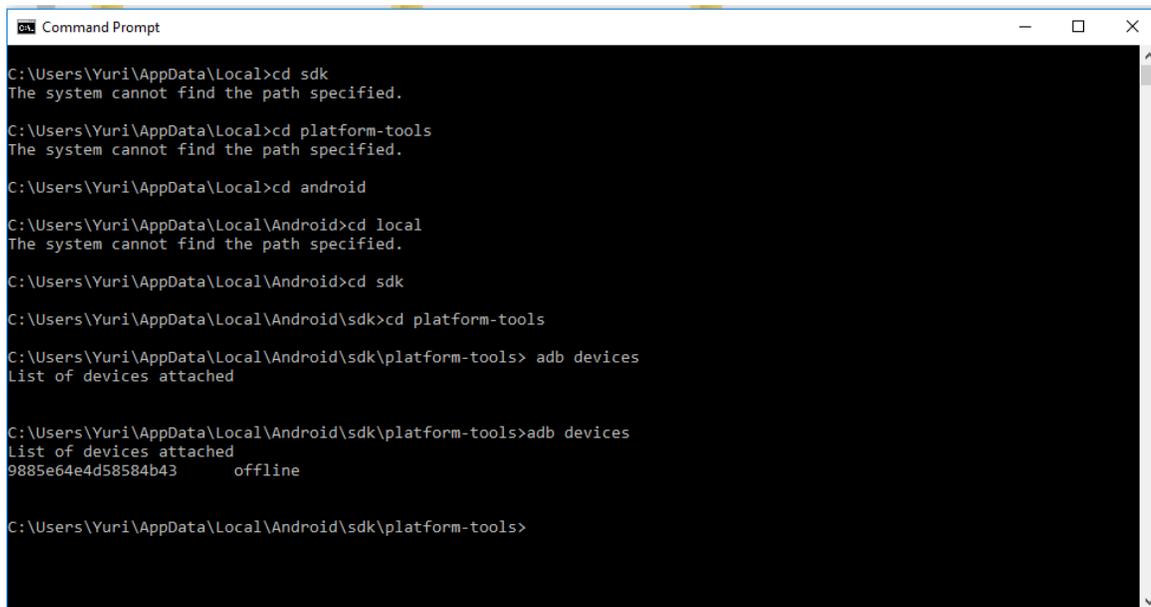


Figura 6.7 – Tela de aplicação das ferramentas externas ao Unity

Nos casos de produtos em desenvolvimento para *Android* é necessário criar um arquivo de assinatura para que a programação funcione no dispositivo selecionado. O primeiro passo para construir esse arquivo de assinatura é conseguir o número de identificação do *smartphone*. Os comandos necessários são: No *smartphone* é preciso ir para configurações, informações sobre o dispositivo, depois em informação do software. Em número de compilação é preciso dar 7 clicks para habilitar o modo desenvolvedor do *smartphone*. No modo desenvolvedor, deve-se habilitar a depuração por USB. Feito isso, é necessário conectar o *smartphone* ao computador por meio do cabo USB, abrir o “comando DOS” no Windows e procurar pela plataforma de ferramentas do programa SDK. Como no exemplo a seguir:

<C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android\sdk\platform-tools>

Ao chegar nessa etapa é necessário inserir o comando “*adb devices*”, e dessa forma é possível receber a identificação do dispositivo que é necessária para o funcionamento do programa. O *adb* (*android debug bridge*) é uma ferramenta desenvolvimento para *android*.



```
Command Prompt
C:\Users\Yuri\AppData\Local>cd sdk
The system cannot find the path specified.

C:\Users\Yuri\AppData\Local>cd platform-tools
The system cannot find the path specified.

C:\Users\Yuri\AppData\Local>cd android
C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android>cd local
The system cannot find the path specified.

C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android>cd sdk
C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android\sdk>cd platform-tools
C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android\sdk\platform-tools> adb devices
List of devices attached

C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android\sdk\platform-tools> adb devices
List of devices attached
9885e64e4d58584b43    offline

C:\Users\Yuri\AppData\Local\Android\sdk\platform-tools>
```

Figura 6.8 – Tela de comando para identificação do dispositivo Android

De posse desse número, acessamos o site:

<https://dashboard.oculus.com/tools/osig-generator/>

Onde geramos o arquivo da assinatura.

Voltamos ao nosso projeto no *Unity3D*, onde o arquivo de assinatura é inserido da seguinte maneira: Na guia *Project* criamos uma pasta chamada *Plugins*, dentro dela uma pasta chamada *Android*, e dentro dessa pasta uma outra chamada *Assets*. Dentro da pasta *Assets* postamos nosso arquivo de assinatura.

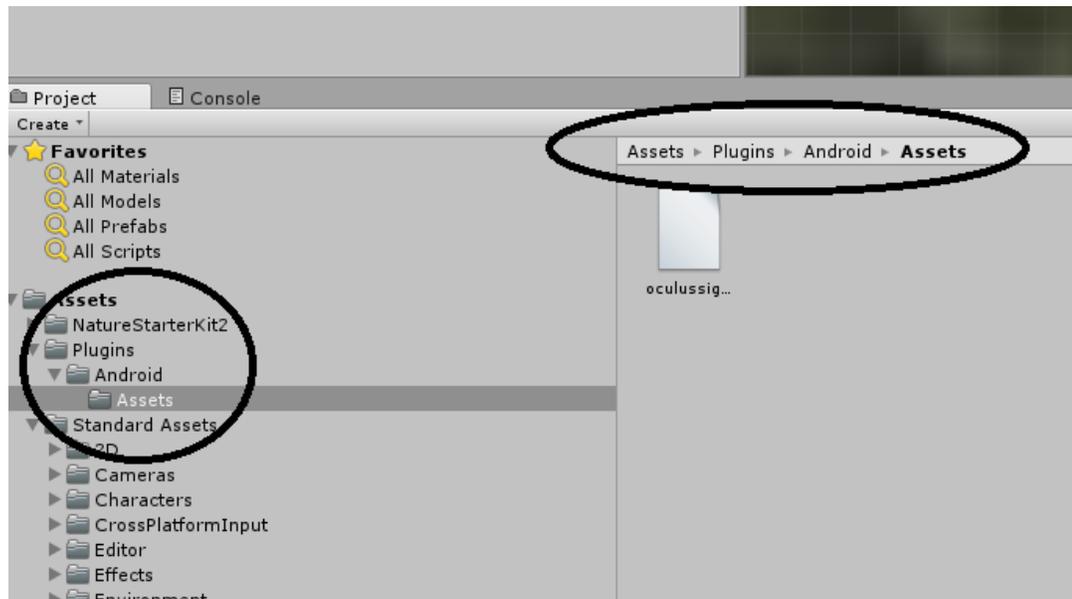


Figura 6.9 – Local de instalação do arquivo de assinatura do dispositivo dentro do Unity 3D

Outra novidade no desenvolvimento de softwares para o *VR Gear*, é que não precisamos do *runtime* e nem do *OVRcontrollerplayer*. Quando criamos material para o *VR Gear* precisamos apenas usar o *FPScontroller*, um pré-fabricado, que se encontra na pasta *Characters* em *Standard Assets*.

Após esses processos é necessário converter a plataforma de uso do software, que antes era programado para o sistema operacional *Windows*. Em *build*, selecionamos a plataforma *Android* e damos o comando *switch to platafform*. Após esse comando vamos ao *player settings* e nas opções *other settings* selecionamos a opção *Virtual Reality Supported*.

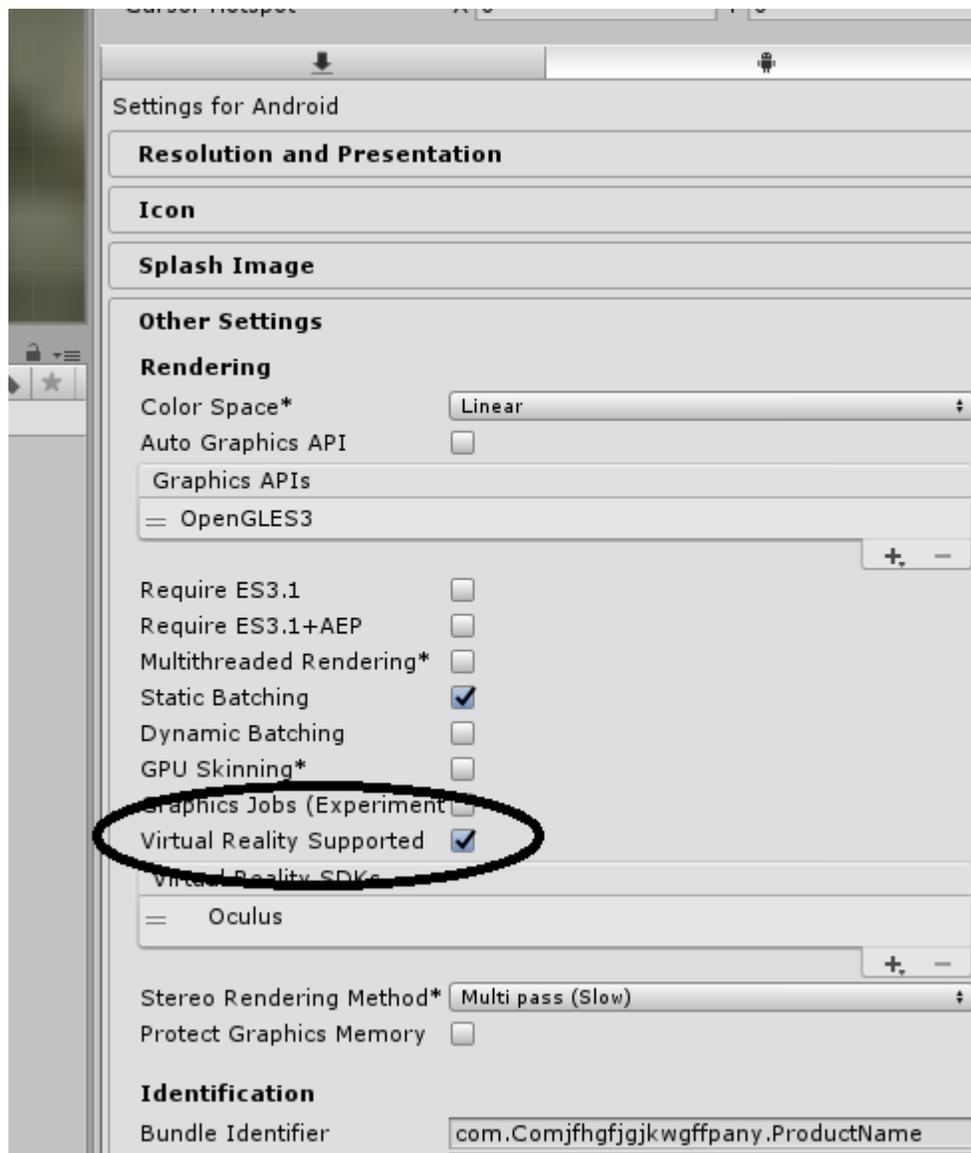


Figura 6.10 – Tela de integração de realidade virtual para dispositivos Android

Agora basta finalizar o programa e criar um APK (*Android Package*). Clicando na opção build definimos o nome do arquivo e o local de armazenamento.

Depois disso devemos transferir o arquivo para o smartphone, mas antes que o programa possa funcionar no *VR Gear* é preciso instalar os aplicativos dos óculos. Para isso, basta conectar o *smartphone* à máscara e a instalação começa automaticamente.

Após a instalação dos aplicativos e de nosso software no *smartphone* basta iniciá-lo e conectar ao dispositivo.

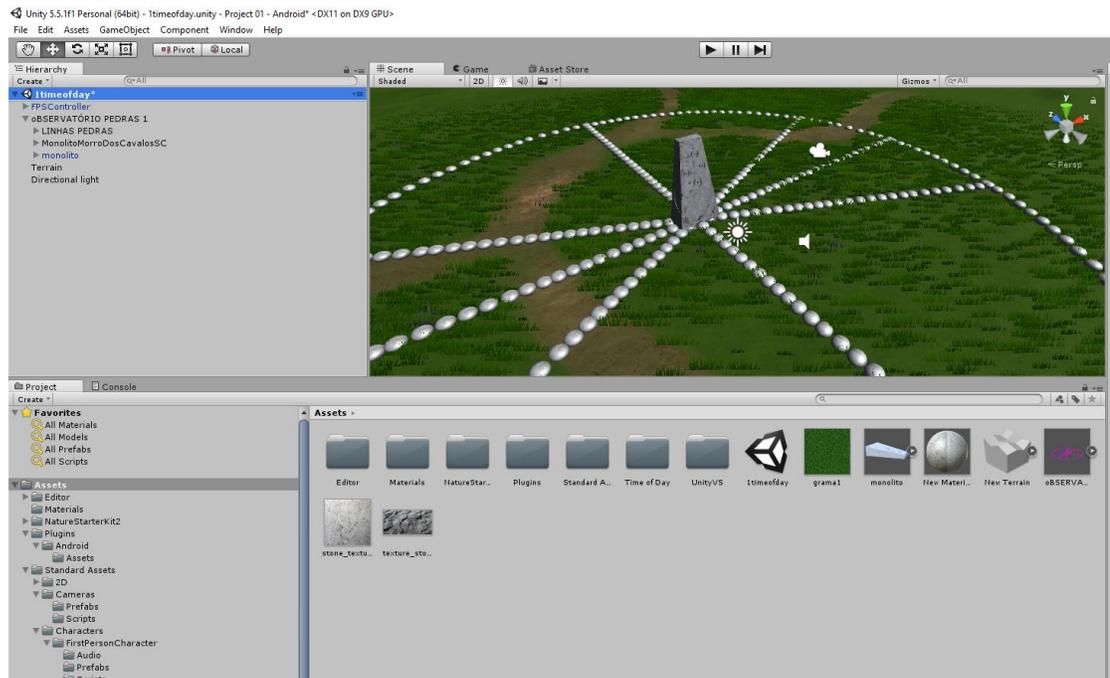


Figura 6.11 – Observatório Solar Indígena dentro do Unity 3D

Demonstrate 3

Todo esse processo de desenvolvimento foi realizado e conseguimos cumprir a nossa meta de levar o protótipo para a Europa, onde fizemos uma série de demonstrações, que não tiveram nenhuma outra sugestão de melhoria.

Deliver

Depois de seguir todo procedimento do Modelo Espiral de Desenvolvimento de Software de Boehm, consideramos que nosso produto estava pronto para ser utilizado como mediador no ensino-aprendizagem do Observatório Solar Indígena.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Método da Espiral de Boehm foi muito útil para o desenvolvimento do nosso software simulação dos movimentos aparentes do Sol em realidade virtual imersiva, pois graças a ele fomos melhorando progressivamente nosso trabalho, em função das demonstrações que fazíamos.

De acordo com a reação e comentários das pessoas indígenas e não indígenas, que utilizaram o Observatório Solar Indígena Virtual, verificamos nosso objetivo de utilizá-lo como um instrumento didático para auxiliar no ensino-aprendizagem dos movimentos aparentes do Sol e da determinação dos pontos cardeais e das estações do ano foi alcançado, principalmente por permitir a visualização do conteúdo.

Verificamos, através de pesquisa bibliográfica que na antiga África há monumentos semelhantes ao Observatório Solar Indígena, por esse motivo algumas vezes o chamamos de Observatório Solar Afro-Indígena. Assim, esse monumento com realidade virtual imersiva, pode ser utilizado em escolas indígenas e não indígenas, nas atividades práticas das disciplinas que contemplem o Ensino das Relações Étnico-Raciais, como subsídio à Lei 11.645/2008.

Vale ressaltar que nas demonstrações que realizamos do Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva, as principais sugestões de modificações no projeto partiram das duas comunidades indígenas visitadas, como relatamos no capítulo 5, quando tratamos do O Ciclo de Espiral de Boehm.

Os resultados alcançados nos incentivaram a continuar com essa pesquisa. Por exemplo, o interesse dos indígenas em visualizar o céu noturno, para encontrar suas constelações, nos levou a desenvolver um software de um planetário individual, portátil e em realidade virtual imersiva, que também pode ser transportado facilmente para qualquer lugar e sem necessidade da eletricidade. Diversos outros temas de Astronomia podem ser desenvolvidos com essa tecnologia imersiva, tais como as fases da Lua, os eclipses e as marés.

Além disso, os indígenas ficaram encantados em poderem visualizar o gnômon, em todos os ângulos e sugeriram que fizéssemos o mesmo com seus artesanatos, pois além de ficarem lindos, ficariam registrados em 3D. Tendo em vista que a cultura

indígena também está contemplada da Lei 11.645/2008, estamos trabalhando nesse projeto.

O grande interesse dos estudantes indígenas e ocidentais em relação ao Observatório Solar Indígena em Realidade Virtual Imersiva também nos incentivou a realizar uma pesquisa quantitativa, para mensurar o impacto dessa tecnologia imersiva no ensino-aprendizagem dos estudantes indígenas e ocidentais, para comparar os resultados obtidos. Essa pesquisa seria baseada nas teorias cognitivas desenvolvidas por Sweller e Mayer, que aplicaram alguns testes cognitivos, mas somente em estudantes ocidentais e com multimídias que não envolviam a realidade virtual imersiva.

No Brasil, ainda encontramos muito dos saberes referentes à astronomia indígena entre agricultores, caçadores e pescadores, que os utilizam no seu cotidiano, mas que são desconhecidos da maioria da nossa população. Esse conhecimento empírico de diversas comunidades indígenas brasileiras pode contribuir para o conhecimento formal, auxiliando no desenvolvimento econômico sustentável e, conseqüentemente, na redução da pobreza.

Tendo em vista o interesse das pessoas quando um assunto é apresentado em realidade virtual imersiva e considerando que o equipamento é portátil e não necessita de fonte de eletricidade, ele pode se tornar uma nova maneira de divulgar a ciência. Assim, pretendemos desenvolver, utilizando a tecnologia imersiva, um projeto de divulgação científica itinerante dos conhecimentos tradicionais dos povos indígenas do Brasil, que também daria apoio às atividades escolares relativas à Lei 11.645/2008.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Germano Bruno. **Ensino de história e cultura indígenas**. Curitiba, PR: InterSaber, 2016.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. “Livro A, cap. I”. Coleção Os Pensadores. São Paulo, SP: Editora Abril, São Paulo, 1979 (orig. século IV a.C.).

ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. The control of short term memory. **Scientific American**, v. 225, n.2, p. 82-90, aug. 1971.

BAUDRILLARD, J. **Simulacros e Simulação**. Relógio d'Água. 1991. Disponível em: https://monoskop.org/images/c/c4/Baudrillard_Jean_Simulacros_e_simula%C3%A7%C3%A3o_1991.pdf. Acesso em: 20.set. 2016.

BENTO, J. J. F. ; GONÇALVES, V. B. Ambientes 3D no processo de ensino e aprendizagem 3D environments in the process of teaching and learning. **EDUSER: revista de educação**, Vol. 3, n.1, p. 45-58, 2011.

BOEHM, B. W. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. **TRW Defense Systems Group, IEEE**, p.61-72, may 1988.

BRAGA, M. Realidade Virtual e Educação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Vol. 1, n.1, p. 2001.

BRASIL. Lei nº 11.645/2008. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 de março de 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm. Acesso em: 18. Out. 2016.

BROWN, J. Some tests of the decay theory of immediate memory. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 10, n.1, p. 12–21, 1958.

BRUYNE, P. et al. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais**. Rio de Janeiro, RJ: Francisco Alves, 1977.

CLARK, R.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in Learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load**. San Francisco, CA: John Wiley & Sons, 2006.

COSTA, F. A. A aprendizagem como critério de avaliação de conteúdos educativos online. **CADERNOS SECAUSEF**, 2006. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/personal/jcpaiva/disc/se/rec/02/03/01/231-texto3.pdf>>. Acesso em: 20. Set. 2016.

EBBINGHAUS, H. **Memory: A contribution to experimental psychology** (Henry A. Ruger & Clara E. Bussenius, Trad.). Original publicado em New York, NY: Teachers College, Columbia University, 1985. (Original em alemão “Über das Gedächtnis” publicado em 1885).

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 11^a ed. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra, 1982.

KLEIBOER, M. Simulation methodology for crisis management support. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, v.5, n.4, p.198-206, dec. 1997.

KYOUNG S. P., YONG J. C., NAVEEN K. K., CHRIS S., MICHAEL J. L., JASON L., ANDREW E. J. “CAVERNsoft G2: a toolkit for high performance tele-immersive collaboration”, In **Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology**, p. 8-15, 2000. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=502390.502394>>. Acesso em: 20. Mar. 2016.

LURIA, A. R. **Desenvolvimento cognitivo: seus fundamentos culturais e sociais**. São Paulo, SP: Ícone, 1990.

Manseur, R. Virtual reality in science and engineering education. Paper presented at the Frontiers in Education. FIE'05. **Proceedings 35th Annual Conference**. Oct. 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1612051/?reload=true>>. Acesso em: 25. Mar. 2016.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. New York, NY: Cambridge University Press, 2001.

MILLER, George. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, n.2, p. 81-97, mar.1956.

MORENO, R. Instructional technology: Promise and pitfalls. In L. PytlíkZillig, M. Bodvarsson, & R. Bruning (Eds.) **Technology-based education: Bringing researchers and practitioners together**. Greenwich, CT: Information Age Publishing, p. 1–19, 2005a.

MORENO, Roxana; MAYER, Richard. Interactive multimodal learning environments. **Educ. Psychol. Rev.**, v. 19, n. 3, p. 309-326, jun. 2007.

PEREIRA, Andréia; PERUZZA, Ana Paula P. M. Tecnologia de Realidade Virtual Aplicada à Educação Pré-Escolar In: XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São Leopoldo, RS, p. 385-391, maio de 2002. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Downloads/200-407-1-PB.pdf>>. Acesso em: 22. Ago. 2016.

PETERSON, L. R.; Peterson, M. J. Short-term retention of individual verbal items. **Journal of Experimental Psychology**, v. 58, n. 3, p. 193–198, set. 1959.

POLLOCK, E., CHANDLER, P., & SWELLER, J. Assimilating complex information. **Learning and Instruction**, v.12, n. 1, p. 61–86, fev. 2002.

PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. New York, NY: McGraw-Hill, 2001.

PRIMO, Alex. Interação mútua e reativa: uma proposta de estudo. **Revista da Famecos**, n. 12, p. 81-92, jun. 2000.

RASMUSSEN, Steen; BARRETT, Christopher L. Elements of a Theory of Simulation. In: **European Conference on Artificial Life**. Springer Berlin Heidelberg, p. 515-529, 1995.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. M. Realidade Virtual: Conceitos, Evolução, Dispositivos e Aplicações. **Interfaces Científicas – Educação**, Aracaju, v.1, n.3, p. 97-109, jun. 2013.

SWELLER, John. Cognitive load during problem solving: effects on learning. **Cognitive Science**, v.12, n. 2, p. 257-285, 1988.

SWELLER, John; LEVINE, Marvin. Effects of goal specificity on means-ends analysis and learning. **Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, and Cognition**, v. 8, n.1, p. 463-474, 1982.

VELHO, Lara; AFONSO, Germano Bruno (Produtores). Cuaracy Ra'Angaba – O Céu Tupi-Guarani. Edital de Apoio à Produção de Documentários Etnográficos sobre o Patrimônio Cultural Imaterial (Etnodoc) - TV BRASIL, 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=obuRxNgAh6c>>. Acesso em: 20. Set. 2016.

ANEXO I – DEMONSTRAÇÕES DO OBSERVATÓRIO SOLAR INDÍGENA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA

Apresentamos os resultados obtidos na pesquisa qualitativa, de observação participante, exploratória, de estudo de campo, que pretendia verificar as reações dos alunos e professores com a realidade virtual, como mediação no ensino-aprendizagem do Observatório Solar Indígena.

O objetivo das apresentações realizadas durante o período de desenvolvimento do software era observar reações e coletar informações que fossem pertinentes ao desenvolvimento do mesmo, assim como avaliar as reações dos usuários em relação à nova tecnologia e ao conteúdo. Os períodos de apresentações foram intermediados por correções e aprimoramentos no produto, conforme consta no capítulo 5.

A seguir, listamos algumas instituições onde realizamos atividades com a tecnologia de realidade virtual imersiva:

01) Alunos do Programa de Mestrado da Universidade Internacional - UNINTER.

As primeiras demonstrações realizadas com o uso de realidade virtual aconteceram com alunos do Programa de Mestrado em Educação e Novas Tecnologias do Centro Universitário Internacional UNINTER.

Na primeira dessas demonstrações foram apresentados softwares de realidade virtual com o auxílio do dispositivo “*Oculus Rift*”. O software do observatório solar ainda não havia sido desenvolvido, por isso utilizamos um programa que simula a experiência em uma montanha russa. O intuito dessa primeira apresentação foi coletar opinião de colegas em relação ao uso e desenvolvimento de produtos de realidade virtual. Na ocasião, muitos dos participantes estavam tendo seu primeiro contato com os recursos da realidade virtual. No entanto, surgiram muitas ideias e sugestões de como o dispositivo poderia ser utilizado em diversos conteúdos e objetivos educacionais, o que deixou claro que essa nova tecnologia inspirou a criatividade dos participantes.

A segunda demonstração também ocorreu com esse grupo de alunos. Nessa segunda vez tivemos a oportunidade de apresentar o primeiro protótipo do observatório solar indígena e discutir o desenvolvimento de produtos em realidade virtual, métodos

de pesquisa, acesso à tecnologia, softwares de desenvolvimento e a terceirização da informática na educação. A maioria dos participantes acreditam que o desenvolvimento de produtos em realidade virtual exige altos custos, equipamento de alta tecnologia, conhecimento técnico. Além disso, a maioria concorda que o desenvolvimento de materiais didáticos deve ser realizado de forma terceirizada, ou seja, um grupo técnico deve desenvolver os materiais didáticos, o professor deve ser alienado desse processo.

Em relação aos requisitos para desenvolvimento de realidade virtual fica claro que esses participantes desconhecem os novos softwares e dispositivos disponíveis no mercado e que todo conhecimento técnico necessário para desenvolver um produto está disponível na internet.

Em uma terceira demonstração de realidade Virtual apresentamos, para o mesmo grupo, um modelo de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) em 3D. Nesse encontro discutimos como os Ava's (Ambientes Virtuais de Aprendizagem) não se apropriam dos recursos 3D para criar identificação, imersão, participação e pertencimento no ensino a distância.

Nessas demonstrações iniciais, não foram apresentadas sugestões para melhorias no software de simulação dos movimentos aparente do Sol, em realidade virtual.

02) Alunos do Curso de Graduação em Pedagogia do Centro Universitário Internacional – UNINTER.

Nessa oportunidade demonstramos o software do observatório solar indígena para alunos do Curso de Graduação em Pedagogia do Centro Universitário Internacional - UNINTER, em Curitiba PR. O encontro começou com uma palestra do Professor Germano Bruno Afonso sobre cultura indígena, em um segundo momento foram apresentados o software e o dispositivo. Os alunos tiveram a oportunidade de usar o dispositivo e emitir sua opinião sobre o conteúdo e tecnologia.

Assim como os alunos do Mestrado em Educação e Tecnologia, os alunos de Graduação em Pedagogia também passaram a imaginar e sugerir diversas aplicação da tecnologia de realidade virtual na educação. Foram feitas algumas observações sobre o cenário e a velocidade do movimento aparente do céu. Além disso,

percebemos que algumas pessoas com labirintite podem ter algum tipo de mal-estar ao usar o dispositivo.

Nessas demonstrações iniciais, não foram apresentadas sugestões para melhorias no software de simulação dos movimentos aparente do Sol, em realidade virtual.

03) Aldeia Indígena Itaty – Morro dos Cavalos, Palhoça, SC.

Essa foi a primeira vez que o projeto do Observatório Solar Indígena em realidade virtual para uma comunidade indígena. Todas as apresentações anteriores foram realizadas para professores e estudantes não-indígenas. Portanto, haviam diversas variáveis, nessa ocasião, para serem observadas.

As apresentações ocorreram no evento intitulado “Semana da Cultura indígena”, que foi realizado na aldeia de Itaty, com a presença de crianças indígenas, estudantes e professores ocidentais e indígenas, além de lideranças indígenas como caciques e pajés. O evento contou com diversas atrações, tais como palestras, oficinas de artesanatos, músicas e danças.

Nesse evento tivemos a oportunidade de falar sobre o Observatório Solar Indígena e outras questões relacionadas à Astronomia Indígena. Tivemos, também, o prazer de ouvir as falas da professora Eunice Antunes, cacique da aldeia de Itaty, e do professor Geraldo Moreira, pajé da aldeia de Biguaçu, que apresentaram uma visão completamente diferente da ocidental sobre questões que envolvem a educação e o modo de vida indígena. Como programação final do evento, apresentamos nosso software àquela comunidade.

O primeiro fato que nos chamou a atenção foi que os indígenas se adaptavam com muita facilidade ao dispositivo, pois o mesmo tem um uso intuitivo e o software era uma simulação de fenômeno que ocorre na natureza, ambiente que eles estão acostumados.

O segundo fato verificado foi o interesse despertado pela atividade em todas as crianças indígenas. À medida em que eles assistiam a apresentação, voltavam para a fila, para rever o conteúdo. O interesse foi tão grande que passamos a tarde inteira e o

início da noite realizando diversas vezes a mesma apresentação para as mesmas crianças.

Os indígenas adultos também apreciaram a simulação em realidade virtual; neles as reações eram as mais diversas, sustos e espantos eram substituídos por encanto e admiração.

As lideranças indígenas (pajés e caciques) também tiveram a oportunidade de conhecer o dispositivo. A ideia de divulgar o conhecimento indígena foi muito bem aceita pelas lideranças, mas o que mais os encantou foi a reação das próprias crianças. Inclusive, fui parabenizado por minha paciência e carinho com as crianças e presenteado com um artesanato indígena.

Em termos de satisfação do público a demonstração foi um sucesso e houve a sugestão para diminuir o brilho do Sol.

04) Alunos do Curso de Graduação em Pedagogia do Centro Universitário Internacional – UNINTER.

Nessa oportunidade demonstramos o software do observatório solar indígena para alunos do Curso de Graduação em Pedagogia do Centro Universitário Internacional - UNINTER, em Curitiba PR.

O encontro começou com uma palestra do Professor Germano Bruno Afonso sobre diversidade cultural; astronomia indígena; observatório solar, constelações sazonais, mitos e lendas indígenas. Depois, foram apresentados o software e o dispositivo. Os alunos tiveram a oportunidade de usar o dispositivo e emitir sua opinião sobre o conteúdo e tecnologia.

Assim como os alunos do Mestrado em Educação e Tecnologia, os alunos de Graduação em Pedagogia também passaram a imaginar e sugerir diversas aplicações da tecnologia de realidade virtual na educação. Além disso, percebemos que algumas pessoas com labirintite podem ter algum tipo de mal-estar ao usar o dispositivo.

05) Feira de Ciências da UFPR, Campus Litoral do Paraná.

Participamos da 10ª Feira de Ciências do Litoral do Paraná, da Universidade Federal do Paraná, que ocorreu no campus de Matinhos, PR. Foram dois dias de

eventos, das 9 horas da manhã às 18 horas. Nesse período apresentamos uma maquete do Observatório Solar Indígena, uma animação que simula os movimentos aparentes do Sol e o Observatório Solar indígena em realidade virtual. Esse evento foi interessante por que o conteúdo podia ser apresentado com diversas ferramentas, aumentando a compreensão do conteúdo e justificando o uso da realidade virtual como apoio à visualização dos movimentos aparentes do Sol.

Os dois dias foram bem movimentados e atendemos alunos, professores e a comunidade local. O interesse pelo dispositivo e pela tecnologia se destacaram, o que fez com que atividade fosse bem movimentada em todo período.

O que chamou mais atenção, no entanto, foi que as reações dos alunos não indígenas foi a mesma dos alunos indígenas, ou seja, ao apreciar a apresentação pela primeira vez o aluno ficava tão entusiasmado que voltava para a fila para rever a mesma apresentação. Alguns alunos permaneceram na atividade durante o dia inteiro, nos dois dias. Esse tipo de reação, aliás, é muito comum em todas as demonstrações do produto, o que torna evidente o despertar do interesse pela aprendizagem nos usuários.

06) Semana de Integração UNINTER.

Na Semana de Integração dos novos alunos do Programa de Mestrado em Educação e Novas Tecnologias da UNINTER, do primeiro semestre de 2016, foi realizado um evento com a participação especial do Professor Dr. Romero Tori, um dos maiores especialistas de realidade virtual e aumentada do Brasil.

Nesse dia tivemos a oportunidade de demonstrar nosso software de realidade virtual em funcionamento para o Professor Tori. Ele ficou impressionado que tal produto tivesse sido desenvolvido com tão poucos recursos e a fixação do conteúdo também lhe chamou atenção. Ao terminar a apresentação o Professor Tori, muito gentilmente, declarou “Aprendi em um minuto, o que não aprendi a vida inteira sobre o Sol”, referindo-se principalmente a visualização dos movimentos aparentes do Sol, proporcionada pelo software de simulação em realidade virtual. Isso mostra como o uso dessa tecnologia, nesse caso, se mostra eficiente no objetivo didático e pedagógico.

Depois, demonstramos nosso produto de realidade virtual aos novos alunos do curso, como um exemplo de utilização de novas tecnologias no processo de educação.

07) Universidade Católica de Louvain, Bélgica.

A primeira demonstração da nova versão do software de simulação do Observatório Solar Indígena, produzido para ser utilizada com o VR Gear, ocorreu em Louvain Bélgica. Ela foi feita para o Professor Marcel Lebraun, coordenador do Instituto de Pedagogia da Universidade Católica de Louvain O Professor Lebraun ficou impressionado com os conhecimentos dos indígenas brasileiros sobre astronomia e sua organização social. Ele mencionou ser seu primeiro contato com tal tipo de informação, ficou encantado com a aplicação do dispositivo de realidade virtual e considerou um grande desafio a produção de um trabalho acadêmico voltado para a compreensão da sociedade e da cultura indígena.

08) Congresso Internacional de Educação em Atenas, Grécia.

Nos dias 16 a 19 de maio de 2016 participamos da 18ª Conferência Internacional de Educação, em Atenas, Grécia. Nossa apresentação consistiu em uma palestra sobre Tecnologia Imersiva 3D na Educação Escolar Indígena.

Após nossa palestra realizamos a apresentação do dispositivo para que todos os presentes tivessem a oportunidade de apreciar e emitirem suas opiniões. No entanto, de forma geral, as pessoas ficaram mais interessadas pelo conhecimento tradicional, cosmovisão e cultura indígenas do que pela tecnologia de realidade virtual.

Porém, todos os que opinaram disseram que a tecnologia os auxiliou na visualização do fenômeno, levando-os a uma melhor compreensão e fixação do conteúdo.

Ao se depararem com os recursos da tecnologia, educadores de diversas culturas e nacionalidades, assim como no Brasil, já começavam a imaginar novas aplicações na Educação, para o dispositivo e a realidade virtual.

09) Curso de Formação de Professores da Secretaria Municipal de Educação de Curitiba PR.

Nos meses de abril a junho participei como docente do Curso de Formação de Professores “Jogos de Astronomia nas Práticas Educativas da Educação Integral”, realizado pela Secretaria Municipal de Educação de Curitiba PR.

O conteúdo de uma das aulas do curso foi o observatório solar indígena, que foi apresentado por meio da maquete, da animação em 3D e da simulação em realidade virtual com imersão.

Tivemos diversas opiniões dos professores em relação à imersão. Alguns professores destacaram que os conteúdos de astronomia normalmente são apresentados como se fossemos “extraterrestres”, pois todas as explicações visuais sobre astronomia são feitas do ponto de vista de fora da Terra.

Muito destaque foi dado à possibilidade de compreender os movimentos de rotação e translação da Terra a partir de um ponto de referência que se encontra na Terra, como é feito em nossa simulação do observatório solar indígena. Ou seja, a diferença entre a representação teórica e a representação prática.

10) Aldeia Indígena Araçaí, Piraquara, PR.

Nossa segunda experiência com povos indígenas e realidade virtual foi realizada na aldeia Araçaí de Piraquara, PR, na região metropolitana de Curitiba, em 2016, no Projeto de Extensão (Inserção Social) da UNINTER intitulado “Tecnologia de Realidade Virtual Imersiva, na Educação Escolar Indígena.”

Nessa oportunidade pudemos desenvolver o conteúdo com nossas três ferramentas principais, a maquete, a animação 3D e o dispositivo de realidade virtual do Observatório Solar Indígena. As atividades foram realizadas com crianças e adultos indígenas.

Nesse evento ocorreu um fato curioso. Um dos indígenas (adulto) levou mais tempo que o normal utilizando o dispositivo de realidade virtual. Percebendo sua dificuldade nos aproximamos para conhecer suas razões e descobrimos que este indígena estava tentando observar o céu noturno, para localizar as constelações de sua etnia e que, para isso, a velocidade do movimento aparente do céu era muito alta.

Diante dessa situação encontramos duas soluções: uma delas seria diminuir a velocidade do movimento aparente do céu e a outra solução seria eliminar o céu

noturno, para que os indígenas não procurassem localizar suas constelações e dessa diminuiríamos a carga cognitiva.

Tendo em vista que nosso objetivo, nesta prática, é visualizar os movimentos aparentes do Sol, eliminamos a parte do céu noturno, pois localizar as constelações indígenas estava além de nossos objetivos.

11) Dia Internacional dos Povos Indígenas.

Fomos convidados pelo Colégio Estadual Cidália Rebello Gomes, Ilha dos Valadares, Paranaguá, PR, para participar do evento comemorativo do “Dia Internacional dos Povos Indígenas”, no dia 9 de agosto de 2016.

Nessa ocasião, apresentamos a maquete, a animação 3D e o dispositivo de realidade virtual do Observatório Solar Indígena para vários alunos e professores do Colégio, sendo que, aparentemente, a aprovação foi unânime.

12) Unidade de Ensino Integral Iraty da Secretaria Municipal de Educação de Curitiba, PR.

Fomos convidados a realizar uma atividade de astronomia indígena na Unidade de Ensino Integral Iraty, em Curitiba, para alunos que se preparavam para a Olimpíada Brasileira de Astronomia.

Foram duas sessões para cerca de 50 alunos no total. Nessa oportunidade mostramos novamente nossas 3 ferramentas, a maquete do Observatório Solar Indígena, a animação 3D e os óculos de realidade virtual.

Essa foi uma atividade muito interessante, pois os alunos já tinham uma vivência com o conteúdo devido a sua participação nas Olimpíadas Brasileiras de Astronomia (OBA), e suas professoras já haviam participado do Curso de capacitação para professores da Rede Municipal de Educação de Curitiba “Jogos de Astronomia”, que havíamos ministrado.

Durante a apresentação observamos, novamente, grande interesse pelo dispositivo, que fascinou a alunos e professores. Ao final da apresentação uma aluna se aproximou e declarou “Tudo o que você disse na aula aconteceu nos óculos”,

demonstrando que a explicação inicial se complementou no momento em que ela teve imersão na realidade virtual.

Nesse evento o tempo era controlado, por isso os alunos não tiveram a oportunidade de entrar novamente na fila, para a rever a atividade, mesmo assim muitos deles manifestaram vontade de rever a apresentação.

Além das reações dos alunos, ficou em evidência o desejo dos professores de contar com esse dispositivo para realizar diversas atividades em Educação. Ou seja, além dos alunos, professores também idealizavam os mais diversos objetivos para o VR Gear, porém ainda existe carência de materiais educativos em realidade virtual.

13) Escola Particular.

Fomos convidados para apresentar os óculos de realidade virtual em uma escola particular de Ensino Fundamental. Essa foi a primeira vez que atenderíamos um grupo de estudantes de escola particular. Esses alunos já estão mais acostumados às novas tecnologias do que os de novas escolas públicas. Mesmo assim, a demonstração dos movimentos aparentes do Sol, com os óculos de realidade virtual foi um sucesso.

A euforia de alunos e professores com o dispositivo foi evidente. Ao final das apresentações era comum que eles “tentassem” entrar na fila novamente, como fizeram os seus colegas de escolas públicas e indígena.

14) Unidade de Ensino Integral Iraty da Secretaria de Educação Municipal de Curitiba – Feira de Ciências.

A última apresentação do software de Observatório Solar Indígena Virtual ocorreu durante a Feira de Ciências da Escola Municipal Iraty, da Secretaria Municipal de Curitiba, PR. A apresentação foi realizada para alunos, professores e comunidade. A manhã daquele sábado foi dividida entre palestras, demonstrações e explicações sobre a cultura indígena e o dispositivo de realidade virtual. As apresentações foram acompanhadas pela maioria dos presentes, que se sentiram motivados em conhecer o conteúdo, principalmente devido à nova tecnologia e, depois, por que já tinham uma motivação própria pela temática abordada. Vale ressaltar, que esse fato foi o inverso do

que ocorreu no Congresso Internacional de Educação em Atenas, Grécia, onde a temática foi mais importante que a tecnologia.