



RENAN OLIVEIRA REIS

LABORATÓRIO VIRTUAL DE ELETRÔNICA

LAVRAS – MG

2013

RENAN OLIVEIRA REIS

LABORATÓRIO VIRTUAL DE ELETRÔNICA

Monografia apresentada ao
Colegiado do Curso de Ciência da
Computação, para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Orientadora:
Dra. Ana Paula Piovesan Melchiori

LAVRAS – MG

2013

RENAN OLIVEIRA REIS

LABORATÓRIO VIRTUAL DE ELETRÔNICA

Monografia apresentada ao
Colegiado do Curso de Ciência da
Computação, para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência da
Computação.

APROVADA em 23 de agosto de 2013.

Dr. João Carlos Giacomini UFLA

Dr. André Pimenta Freire UFLA


Dra. Ana Paula Piovesan Melchiori (Orientadora)

LAVRAS – MG

2013

A toda minha família, pois sem o apoio deles não teria conseguido

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar meios para alcançar mais um objetivo em minha vida.

Agradeço a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência da Computação, pela oportunidade concedida para realização da minha graduação.

Agradeço especialmente aos meus pais, Joaquim e Mardene, por me apoiarem, por todo o amor, dedicação, carinho, incentivo, compreensão e por confiar em mim.

Aos meus irmãos Larissa e Diogo pelo companheirismo, amor, incentivos, palavras encorajadoras e compreensão.

As minhas avós, por terem me ajudado com suas orações e rezas.

Aos meus tios e tias por sempre me incentivarem a continuar.

Aos meus primos e primas, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Agradeço especialmente a professora Ana Paula pela paciência, por tudo que me orientou, me ensinou, ajudou e contribui na realização deste trabalho.

Agradeço a todos meus amigos que contribuíram para minha formação.

E agradeço especialmente ao meu amigo Raphael por ter me ajudado nas horas difíceis, pela troca de conhecimento, pelas disciplinas quase que impossíveis encaradas com parceria e muito estudo, pelas contribuições neste trabalho e também por ser um grande amigo.

Obrigado a todos!

RESUMO

Com estudos na área de realidade virtual e a popularização dos computadores, torna-se possível a criação de ambientes virtuais que podem ser aplicados a área da educação. O uso da realidade virtual voltado para o ensino de eletrônica é interessante e atrativo, pois pode demonstrar o funcionamento de alguns componentes elétricos presentes em placas de computadores. O presente trabalho tem por objetivo criar a ferramenta LAVECE (Laboratório Virtual para Ensino de Circuitos Eletrônicos), um aplicativo capaz de auxiliar no aprendizado do conteúdo didático referente a circuitos eletrônicos apresentando conceitos teóricos, exercícios práticos e montagem de circuitos. Para o seu desenvolvimento foi utilizado o software Blender 3D na construção do ambiente virtual e através de uma pesquisa de opinião, verificou-se que o uso de um método alternativo para a compreensão do conteúdo didático chama a atenção do usuário e transmite a teoria de maneira diferenciada. O uso de ambientes virtuais para o ensino estimula o interesse do aluno, faz com que a absorção do conteúdo seja feita de uma maneira descontraída, permite ao aluno utilizar a ferramenta para aprender no seu próprio ritmo e contribui de forma positiva para a construção do conhecimento.

Palavras-chave: Ambientes Virtuais. Blender 3D. Software educacional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Realidade Virtual	14
Figura 2 - Imagens do Laboratório de Eletrônica	21
Figura 3 - Interface do software 3DMax.....	22
Figura 4 - Interface do software OGRE.....	23
Figura 5 - Objeto modelado no Blender	24
Figura 6 - Interface do Blender.....	26
Figura 7 - Ligação entre os blocos lógicos	27
Figura 8 - Sensor com função para mouse.....	28
Figura 9 - Diferença entre dois objetos.....	29
Figura 10 - Técnica de Extrusão	30
Figura 11 - Técnica de Imagem de Referência	31
Figura 12 - Modelagem Arquitetônica.....	32
Figura 13 - Interface CrazyBump	33
Figura 14 - Planta baixa do Laboratório de Eletrônica	34
Figura 15 - Gerador de Funções	35
Figura 16 - Osciloscópio.....	35
Figura 17 - Programação da movimentação do personagem	37
Figura 18 - Trecho do Script Python.....	38
Figura 19 - Tipo do personagem.....	38
Figura 20 - Resistor real e resistor modelado no Blender 3D.....	39
Figura 21 - Capacitor real e capacitor modelado no Blender 3D.....	40
Figura 22 - Transistor real e transistor modelado no Blender 3D.....	40
Figura 23 - Menu de aulas práticas de Eletrônica do LAVECE	41

Figura 24 - Script para exibir o mouse na BGE.....	41
Figura 25 - Conteúdo didático da 1ª aula prática de Eletrônica.....	42
Figura 26 - Mensagem broadcast para a execução da animação	43
Figura 27 - Circuito elétrico montado.....	43
Figura 28 - Texturas utilizadas para compor o ambiente virtual.	44
Figura 29 - Imagens normal maps do CrazyBump	45
Figura 30 - Mapeamento UV do banco.....	45
Figura 31 - Logotipo da ferramenta.....	47
Figura 32 - Imagens do Laboratório Virtual.....	48
Figura 33 - Armário virtual.....	48
Figura 34 - Conteúdo teórico da 1ª Aula Prática.	49
Figura 35 - Questões práticas.....	50
Figura 36 - Circuito eletrônico montado.....	50
Figura 37 - Questão 1.....	51
Figura 38 - Questão 2.....	51
Figura 39 - Questão 3.....	52
Figura 40 - Questão 4.....	52
Figura 41 - Questão 5.....	52
Figura 42 - Questão 6.....	53
Figura 43 - Questão 7.....	53
Figura 44 - Questão 8.....	53
Figura 45 - Questão 9.....	54
Figura 46 - Questão 10.....	54

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	OBJETIVO	11
1.2.	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	11
2.	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	13
2.1.	REALIDADE VIRTUAL	13
2.2.	AMBIENTES VIRTUAIS	13
2.3.	COMPUTADOR E JOGOS NA EDUCAÇÃO.....	14
2.4.	REALIDADE VIRTUAL NA EDUCAÇÃO E NO ENSINO DE ELETRÔNICA	15
2.5.	TRABALHOS RELACIONADOS	18
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1.	TIPO DA PESQUISA.....	20
3.2.	LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA	21
3.3.	FERRAMENTAS PARA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL	21
3.3.1.	AUTODESK 3D MAX.....	22
3.3.2.	OGRE 3D.....	22
3.3.3.	BLENDER 3D	23
3.3.4.	JAVA 3D	24
3.4.	ESCOLHA DA FERRAMENTA	25
3.5.	BLENDER 3D	25
3.5.1.	GAME ENGINE.....	26
3.6.	TÉCNICAS DE MODELAGEM GEOMÉTRICA.....	29
3.7.	MODELAGEM ARQUITETÔNICA	31

3.8.	TEXTURIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO	32
3.9.	CRAZYBUMP.....	33
4.	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	33
4.1.	AMBIENTE TRIDIMENSIONAL.....	33
4.2.	PROGRAMAÇÃO DO AMBIENTE	35
4.2.1.	PERSONAGEM	36
4.3.	DESENVOLVIMENTO DAS AULAS PRÁTICAS	38
4.3.1.	PROGRAMAÇÃO DA AULA PRÁTICA	40
4.4.	ELABORAÇÃO DO MENU PRINCIPAL	44
4.4.1.	TEXTURIZAÇÃO DO AMBIENTE	44
4.4.2.	ILUMINAÇÃO.....	46
4.5.	DESENVOLVIMENTO DO LOGOTIPO	46
5.	RESULTADOS	48
5.1.	PROTÓTIPO	48
5.2.	AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA.....	51
6.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	56
7.	REFERÊNCIAS.....	57
	GLOSSÁRIO	62
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO.....	63

1. INTRODUÇÃO

Com a popularização e estudos na área de realidade virtual, torna-se possível a visualização de ambientes virtuais que se assemelhem com a realidade. A Realidade Virtual pode ser aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, nas engenharias, na educação, na área de física, eletrônica, e outras. A utilização de ambientes tridimensionais para o aprendizado pode despertar o interesse sobre o conteúdo didático, pois os usuários de computadores atuais mostram-se cada vez mais interessados por tecnologias.

O uso da realidade virtual na área de eletrônica voltada para Ciência da Computação é interessante, pois pode demonstrar o funcionamento de alguns componentes eletrônicos presentes em placas de computadores. A visualização de circuitos eletrônicos é complexa e visualmente difícil de ser entendida, já que a representação teórica dos componentes não é semelhante com o componente eletrônico. Diante da dificuldade do entendimento e visualização dos circuitos eletrônicos apresentados em disciplinas de Circuitos Eletrônicos da Universidade Federal de Lavras, surge a necessidade de se criar ferramentas que contribuam com o aprendizado dos alunos sobre os conceitos apresentados na disciplina, facilitando a visualização e o entendimento destes circuitos eletrônicos, tornando possível o estudo do conteúdo no ritmo e disponibilidade de cada aluno.

Neste trabalho, através do uso da Realidade Virtual foi criado um Laboratório Virtual para Ensino de Circuitos Eletrônicos (LAVECE) a ser utilizado como ferramenta de auxílio para a disciplina de Circuitos Eletrônicos.

O LAVECE possibilita a visualização dos componentes eletrônicos virtuais, demonstra a interação com o ambiente virtual e permite ao professor utilizar a ferramenta para sanar eventuais dúvidas dos alunos no decorrer do conteúdo. O software também torna possível desenvolver uma noção do funcionamento e montagem dos circuitos eletrônicos com

componentes mais próximos da realidade. Assim, espera-se contribuir de forma positiva para a compreensão do conteúdo e frisar conceitos teóricos importantes para a formação acadêmica do aluno.

1.1.OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de criar um laboratório virtual que possibilite a elaboração de aulas práticas e demonstração de circuitos eletrônicos através de um software educacional que permita ao usuário aprimorar seu conhecimento e sua formação. O software é composto por conceitos trabalhados na disciplina de circuitos eletrônicos.

Para atingir esse objetivo foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Estudo sobre softwares educacionais, Modelagem Tridimensional Mecanismos para texturização, Composição de cenários, iluminação;
- Conhecer a maneira como um software educacional contribui para o aprendizado;
- Como realizar integração entre softwares;
- Aplicar a ferramenta e realizar um estudo de casos;
- Pesquisar ferramentas que realizam simulações de circuitos eletrônicos e outros.

1.2.JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Ao perceber minhas dificuldades e de colegas em cursar a disciplina de Circuitos Elétricos na Universidade Federal de Lavras, observei que para realizarmos aulas práticas dependíamos do laboratório de eletrônica, dos componentes eletrônicos, equipamentos de medições e de montagem de circuitos. Partindo de uma idéia particular e unindo conhecimentos sobre realidade virtual adquiridos em iniciação científica, percebi que seria possível fazer uma ligação entre Realidade Virtual e Circuitos Elétricos para

criar uma ferramenta educacional que possa auxiliar o estudo da disciplina de Circuitos Eletrônicos.

O trabalho contribuirá para a formação de alunos de graduação, apresentando uma ferramenta útil ao aprendizado. Sua utilização pode ajudar na compreensão de conteúdo da disciplina e permitir ao aluno utilizar a ferramenta para simular aulas práticas na medida de seu ritmo. Também poderá ser vantajosa para que os materiais elétricos sofram menos danos, diminua o risco de acidentes e conseqüentemente reduza os gastos com materiais e componentes elétricos.

A aplicação de realidade virtual na área de eletrônica mostra-se muito interessante, pois esta área possui poucas ferramentas voltadas para ensino de graduação e também pelo fato que este tipo de simulação contribui para prender a atenção o aluno, incentivá-lo a interessar-se pelo conteúdo da disciplina e faz com que absorva o conteúdo didático de forma descontraída.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. REALIDADE VIRTUAL

Realidade virtual é definida por Kirner & Pinho (1997) como uma forma de interação entre o ser humano e o computador. É apresentada de maneira que a realidade é reproduzida em um sistema computacional e o usuário interaja em tempo real através do uso de equipamentos que auxiliam na percepção de presença. A realidade virtual possui como características a imersão, navegação e interação. A imersão consiste na ideia de estar inserido no ambiente. Já a Navegação é baseada na locomoção dentro do ambiente. E a Interação é definida como as modificações realizadas pelo usuário e aplicadas no mundo virtual por um sistema computacional.

A realidade virtual é uma maneira de apresentar a realidade através do computador e uma forma do usuário ter a sensação de estar participando desta situação mesmo que ele não esteja presente fisicamente.

2.2. AMBIENTES VIRTUAIS

Segundo Kirner & Pinho (1997) um Sistema de Realidade Virtual é constituído por um usuário, um computador e uma interface. O usuário participa do mundo virtual elaborado através de dispositivos controladores, como por exemplo, o mouse, uma luva de realidade virtual e outros. Um ambiente virtual pode ser construído para simular ambientes reais ou também ambientes criados a partir de situações imaginárias. A Figura 1 mostra o esquema de um sistema de Realidade Virtual, que é composto por um Usuário que interage com a Interface e pelo Ambiente Virtual.

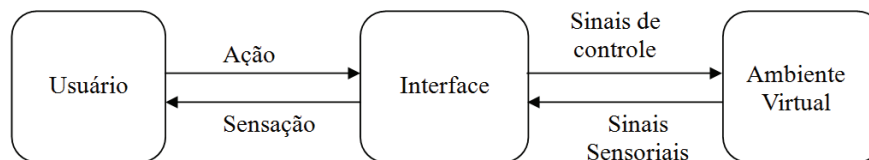


Figura 1 - Sistema de Realidade Virtual

O sistema de realidade virtual possibilita que a interface se comunique com o computador que atua sobre o mundo virtual ou um mundo real simulado. O usuário realiza uma ação através da interface, e esta envia sinais de controle para a alteração do ambiente virtual. Em consequência, o ambiente retorna sinais sensoriais para a interface e esta responde ao usuário a sensação de modificação do ambiente virtual.

2.3.COMPUTADOR E JOGOS NA EDUCAÇÃO

Segundo Pereira & Peruzza (2002), a produção de materiais didáticos que visam a necessidade do aluno tem recebido destaque em pesquisas na área de educação. Isso foi possível através da utilização de tecnologias destinadas para melhoria do aprendizado dos alunos. Com crescente uso e a popularização dos computadores é possível utilizá-lo como ferramenta de apoio no processo de ensino e aprendizado, pois possui recursos capazes de proporcionar a criação de softwares com conteúdo didático que contribuam para o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Os jogos se popularizaram nos últimos tempos e são utilizados para divertir as pessoas em todo o mundo. Quando aplicados para a educação podem apresentar benefícios para o aprendizado. Segundo Zorzal et al (2008), a utilização de jogos para a educação possibilita ao usuário desenvolver o raciocínio a respeito de elaboração de alternativas na resolução dos problemas, próximos da realidade, enfrentados nos jogos educacionais. Também permite ao aluno utilizar seus conhecimentos para poder jogar e também abstrair o conteúdo didático presente nos jogos de

maneira divertida e descontraída. A utilização de jogos educativos permite ao usuário um aprendizado que pode ser determinado pelo ritmo de cada pessoa. Segundo Padgett et al. (2005), jogos computadorizados de Realidade virtual permitem ao usuário aprender em seu próprio ritmo e ser capaz de operá-los com pouca ou nenhuma ajuda. Desta maneira a prática repetida é viável para que o conhecimento presente no jogo possa ser entendido por quem o utiliza.

Segundo Kebritchi e Hirumi (2008), os jogos educativos compostos de ambientes virtuais apresentam problemas e dificuldades de contextos reais, o que torna a utilização de jogo algo vantajoso e explora o ensino e aprendizado do conteúdo didático mostrando-se importante para construção do conhecimento. A utilização dos ambientes virtuais educativos em conjunto com sala de aula tem se mostrado uma tendência para a educação.

2.4. REALIDADE VIRTUAL NA EDUCAÇÃO E NO ENSINO DE ELETRÔNICA

A realidade virtual era explorada, segundo Brna & Aspin (1998) na apresentação de projetos arquitetônicos, construção de moléculas, características geográficas, e outros. Através do desenvolvimento tecnológico, esse tipo de apresentação conceitual pode ser aplicado e direcionado para a aquisição de conhecimentos.

A utilização das tecnologias na educação está cada dia mais efetiva, incentivando estudos científicos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da área. O computador tornou-se um instrumento indispensável para o ensino e aprendizagem. Através da Realidade Virtual, torna-se possível a construção de jogos e ambientes virtuais que podem ser utilizados como ferramenta para complementar o aprendizado. Segundo Kara e Yakar (2008) a utilização do computador no ensino mostra-se eficaz. A utilização de animações, interação com simulações em ambientes virtuais e jogos despertam o interesse do aluno para aprender o conteúdo.

No estudo de Psothka (2013), o autor afirma que a inserção de mundos virtuais pode apresentar novas maneiras de adquirir conhecimento e tornar possível que a educação acompanhe a evolução tecnológica existente. Porém, existe uma barreira curricular que não está totalmente adaptada para o ensino em conjunto com novos meios de aquisição do conhecimento mesmo que os resultados comprovem a eficácia deste tipo de método. O resultado de estudos com a utilização de ambientes virtuais combinados com ambientes reais oferece um suporte educacional que contribui para melhor aprendizagem e absorção de conteúdos didáticos por abordar uma maneira diferenciada de ensino.

O uso de ambientes virtuais é crescente e tem contribuído de forma positiva para diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, medicina, ciência da computação, engenharia, educação, entre outras. Segundo Cheung et al. (2005), a interatividade em ambientes virtuais de aprendizado tem sido comumente vista como um mecanismo capaz de melhorar o aprendizado, aumentar a flexibilidade de alinhamento do conhecimento e melhorar a qualidade de interações educacionais. O aprendizado de conteúdos sobre Ciência da Computação é explorado com o objetivo de encontrar meios que facilitem o aprendizado do aluno. Segundo Piteira & Haddad (2011), para auxiliar o aprendizado tem se alinhado o uso da tecnologia e o conteúdo didático, pois desta maneira os alunos são mais motivados e a abstração da informação sobre o conteúdo didático torna-se mais interessante.

Com o desenvolvimento da realidade virtual voltada para a educação, o aprendizado passou a contar com ferramentas tecnológicas inovadoras que contribuem para um melhor entendimento e compreensão perante assuntos diversos. Um exemplo dessas ferramentas é o uso de simuladores, que recriam um ambiente que seja equivalente ao modelo real, permitindo interações e execuções de passos baseados no real. Segundo Steinicke et al., (2009), o importante para os simuladores é fazer com que o usuário tenha um grande nível de percepção do ambiente apresentado e que

observe as proximidades com a realidade. Outro modelo de softwares educativos utilizados são os ambientes virtuais que simulem laboratórios, experiências em física e química, desenvolvimento de motores elétricos virtuais e outros.

Na área de eletrônica, segundo Farrokhnia & Esmailpout (2010), a utilização de ambientes virtuais em conjunto com materiais reais para o ensino de alunos de graduação contribui para melhorar o entendimento do conteúdo didático e a capacidade do aluno descrever os circuitos eletrônicos. E segundo Souza & Kirner (2011), possibilita a visualização de fenômenos que não são perceptíveis em situações reais, como por exemplo, corrente elétrica, chaveamento de transistores e outros.

No estudo de Zacharia (2007), o autor mostra que a utilização da realidade virtual como complemento de material didático contribui para melhorar o ensino e aprendizado de circuitos eletrônicos. Verificou-se que a utilização da realidade virtual foi válida e mostrou-se uma ferramenta inovadora para o ensino.

A utilização de softwares educacionais que utilizam realidade virtual, é voltada para várias áreas e para diversos públicos-alvo. No estudo de Nakamoto et al. (2010), a aplicação de software educacional com conteúdo didático sobre circuitos eletrônicos para alunos de ensino médio despertou interesse para utilização da ferramenta e o uso de realidade virtual torna o ensino interessante e chamativo, possibilitando prender a atenção do aluno para aquisição de conhecimento de forma eficiente.

A utilização de softwares educativos para o ensino é um tema bastante discutido na comunidade de computação e entre pedagogos. Porém, segundo Farrokhnia & Esmailpout (2010), a utilização de realidade virtual no ensino apresenta uma considerável melhora em relação a não utilização de realidade virtual.

2.5. TRABALHOS RELACIONADOS

A utilização de métodos alternativos para a aquisição de conhecimento está se tornando comum para os estudantes. Com o advento e avanços da tecnologia surgem diversos tipos de aplicações que incorporam conteúdo didático.

O estudo de Tawfik et al. (2013) apresenta a ferramenta VISIR que permite realizar a construção de circuitos eletrônicos através da utilização de uma matriz de contato virtual. O controle da simulação do circuito é feito através da integração de hardwares e softwares específicos. Ao montar o circuito na matriz de contato virtual, ele é reproduzido em um hardware, que através de chaves elétricas, monta o circuito com componentes reais. Tawfik et al. (2013) também afirma que a utilização deste tipo de tecnologia aplicada à área de educação e aquisição do conhecimento torna-se uma ferramenta útil e que possibilita ganhos no nível de aprendizado.

No estudo de Silva et al. (2011) é apresentada a ferramenta Virtual Substation que, através da utilização de um ambiente virtual, permite o treinamento de operadores de subestação. A ferramenta oferece uma representação em três dimensões dos componentes presentes em subestações possibilitando o aprendizado através de interação sem expor o aluno a situações de perigo inerentes a falhas elétricas. Essa ferramenta apresenta um ambiente virtual de aprendizado capaz de treinar pessoas para realizarem tarefas relacionadas à área de circuitos elétricos.

A utilização de ferramentas tridimensionais que simulam circuitos eletrônicos é capaz de apresentar os componentes com aparência próxima da realidade, diferentemente dos componentes representados na teoria. Nakamoto et al. (2010) mostram em seu estudo uma ferramenta de baixo custo para o ensino de circuitos eletrônicos para alunos de graduação e de ensino médio. O aplicativo permite construir circuitos eletrônicos e realizar medições com o voltímetro e amperímetro.

A incorporação de conteúdos didáticos combinados com realidade virtual apresenta resultados interessantes e que prendem a atenção do usuário. Zorzal et al. (2008) estudou o comportamento de crianças utilizando ambientes educacional com realidade virtual. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois crianças participantes do estudo compreenderam o conteúdo didático de maneira atrativa e descontraída. E no estudo de Marins et al. (2007) foi criada um ferramenta educacional baseada na idéia de Objetos de Aprendizagem que apresente moléculas de DNA para serem utilizadas no ensino de química e biologia.

O estudo de Kiner et al. (2001) apresenta a ferramenta CVE-VM (Collaborative Virtual Environment) que consiste em um ambiente virtual educativo, comportando a aprendizagem colaborativa entre crianças e adolescentes em escolas brasileiras

Os trabalhos apresentados anteriormente possuem características particulares e se mostram úteis para o desenvolvimento da área. Também é possível observar que a utilização de ferramentas educacionais tridimensionais para o aprendizado é útil e contribui para que o aluno adquira conhecimento de maneira diferenciada.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Como materiais e métodos para este trabalho, foi realizada busca na literatura de trabalhos que influenciariam no desenvolvimento da ferramenta educacional, escolha do software que seria utilizado como apoio ao desenvolvimento do ambiente virtual e técnicas utilizadas na elaboração dos componentes tridimensionais do aplicativo.

3.1. TIPO DA PESQUISA

A pesquisa qualitativa é baseada em observação minuciosa dos ambientes onde o sistema será utilizado ou em ambientes em que o sistema encontra-se em uso, levando em consideração a visão do usuário. Neste trabalho, foi utilizada a pesquisa qualitativa para alcançar o objetivo de observar como um software educacional contribui para o aprendizado, pois é composta por uma observação cuidadosa do ambiente onde o sistema será usado, do entendimento das várias perspectivas dos usuários, ou seja, do ponto de vista de um aluno e do professor e também do ponto de vista de pessoas que se interessem pela área do conhecimento abrangida pela ferramenta, mas são leigas no assunto.

A pesquisa quantitativa consiste em medir numericamente algumas variáveis, aplicar métodos estatísticos e realizar comparações com os dados obtidos. Para este trabalho serão adotados procedimentos para aplicação da ferramenta e realização do estudo de caso composto pela pesquisa de opinião e análise dos resultados.

A pesquisa bibliográfica é fundamentada na busca de artigos publicados que apresentem relações com o estudo. Este tipo de pesquisa será adotada para estudos sobre realidade virtual, softwares educacionais, modelagem tridimensional, mecanismos para texturização, composição de cenários, estudos sobre iluminação e estudo de ferramentas que realizam simulações de circuitos eletrônicos. Esse tipo de pesquisa identificará alguns softwares educacionais, apresentará técnicas de modelagem tridimensional,

texturização, composição de cenário e iluminação úteis para o desenvolvimento do ambiente virtual do laboratório e softwares simuladores.

3.2.LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

O Laboratório de Eletrônica está localizado no Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras. Segundo o Laboratório De Eletrônica (2013), tem por objetivo proporcionar aulas práticas das disciplinas de Circuitos Eletrônicos, Sistemas Digitais, Eletrônica1 e Eletrônica 2, para alunos do Curso de Ciência da Computação. Na realização das aulas práticas, é possível que cada aluno se depare com equipamentos, componentes e materiais elétricos. Também permite aos estudantes meios para o desenvolvimento de pesquisas científicas na área de Eletrônica. Na figura 2, são apresentadas imagens do laboratório.



Figura 2 - Imagens do Laboratório de Eletrônica
Fonte: LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA, 2013.

3.3.FERRAMENTAS PARA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

Existem diversas ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de softwares educacionais, dentre elas destacam-se: Autodesk 3d Max, Ogre 3D, Java 3D, Blender 3D. Esses softwares possuem motores de jogos que contribuem para o desenvolvimento de modelagens tridimensionais, simuladores, jogos, apresentações e outros tipos de aplicativos gráficos que necessitam de interação com o usuário. Na seções a seguir, são apresentadas

algumas ferramentas de modelagem tridimensional com o intuito de apresentar o que cada uma é capaz de produzir e suas características.

3.3.1. AUTODESK 3D MAX

A ferramenta 3D Max é uma ferramenta disponível para venda e de código fechado e, segundo a empresa Autodesk (2013), o software é capaz de realizar modelagens tridimensionais, renderização, simulações, jogos e outros tipos de projetos 3D. Possui recursos para criação de multidões, simulações de partículas e compatibilidade com DirectX 11. A Figura 3 mostra a interface do software.

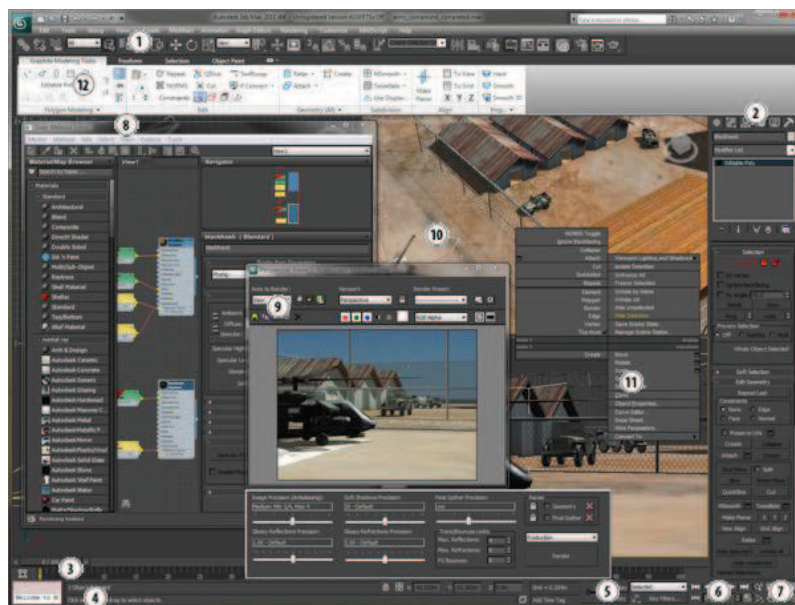


Figura 3 - Interface do software 3DMax

Fonte: AUTODESK, 2013.

3.3.2. OGRE 3D

O Ogre 3D (2013) é uma ferramenta que possui um motor gráfico desenvolvido na linguagem de programação C++ e contém código aberto.

Isto possibilita que a ferramenta funcione em várias arquiteturas e sistemas operacionais, por exemplo, Windows, Linux, Mac e iPhone. O Ogre 3D tem por finalidade a área de renderização gráfica com recursos de física, áudio, rede e outros. Também é utilizado para a criação de jogos, pois seu projeto inicial visava ser aplicado como plataforma de desenvolvimento de jogos. Na Figura 4 é possível visualizar a interface do software.

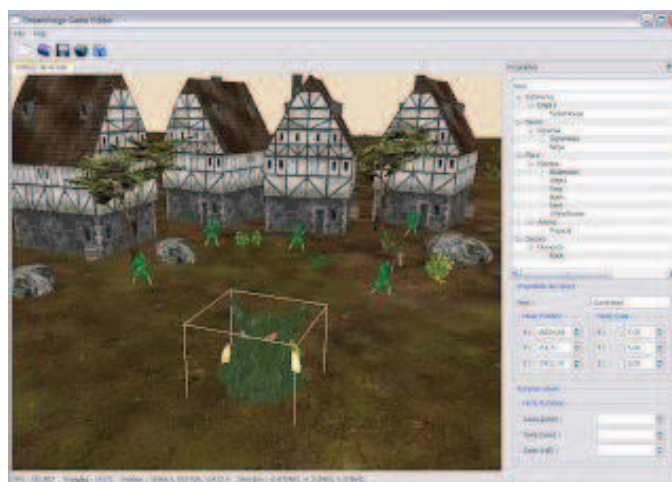


Figura 4 - Interface do software OGRE
Fonte: OGRE, 2013.

3.3.3. BLENDER 3D

Segundo a Blender Foundation (2013), em 1988, o Blender foi desenvolvido como uma aplicação para ser utilizada pelo estúdio de animação NeoGeo Studio, situado na Holanda. Seu fundador, Ton Roosendaal, ex-funcionário da NeoGeo, em 1998, criou uma nova empresa denominada Not a Number (NaN) para elaborar e distribuir o software, oferecendo produtos e serviços para o Blender. Mas em 2002, a empresa NaN faliu por causa da baixa quantidade de vendas e problemas financeiros. A partir de 2002 Ton criou a Blender Foundation e iniciou-se uma campanha

para arrecadar cerca de €100.000 com o propósito de permitir que o programa fosse lançado com código aberto. A campanha arrecadou o dinheiro necessário e o Blender foi lançado com a licença dupla, a GNU General Public License (GPL) e a Blender License (BL). Atualmente o Blender é desenvolvido e mantido pela Blender Foundation.

O software Blender 3D é uma ferramenta de código aberto utilizada para modelagem, animação e renderização, jogos e criação de aplicações interativas em três dimensões. A elaboração destas inúmeras aplicações é possível através do motor de jogos já presente, o Blender Game Engine. A Figura 5 mostra a interface do software. A ferramenta é multiplataforma, portanto está disponível para vários sistemas operacionais. Também possui compatibilidade com as ferramentas existentes no mercado atual, exemplo, AUTOCAD, 3DMax, Corel Draw e outras.

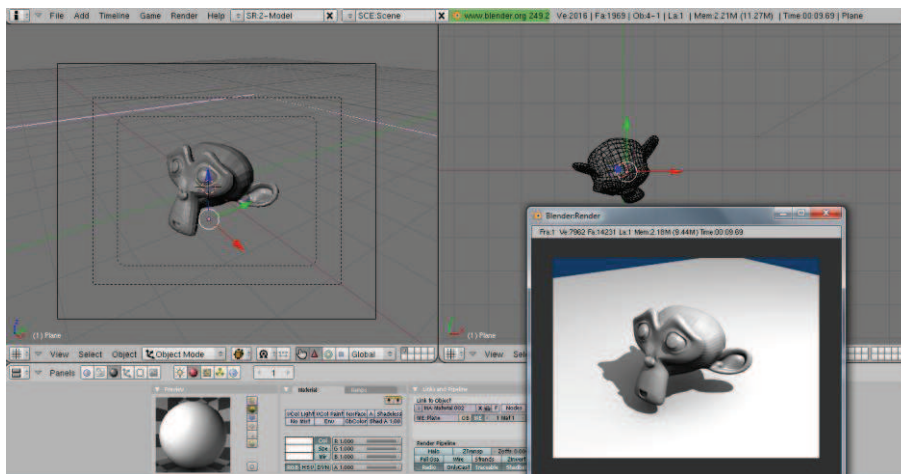


Figura 5 - Objeto modelado no Blender

3.3.4. JAVA 3D

Segundo Sun Microsystems Inc (2013), o Java 3D é uma API 2D e 3D para a linguagem Java e utiliza como base grafos para compor a cena. É uma API capaz de gerar aplicações em três dimensões, devido ao fato de ter

alto nível de construtores para criação e manipulação de objetos geométricos 3D e construção de estruturas usadas para renderização. Com o software é possível renderizar mundos virtuais, criar jogos, animações e outros. Foi desenvolvida utilizando o OpenGL e apresenta a aplicação da orientação de objetos na formação das cenas.

3.4. ESCOLHA DA FERRAMENTA

A ferramenta escolhida para o desenvolvimento do trabalho foi o Blender 3D, devido ao fato de ser gratuita e de código aberto, por possuir recursos gráficos que também são encontrados nas ferramentas pagas, por atender às necessidades do desenvolvimento deste estudo e também pelos conhecimentos que o autor deste trabalho possui nesta ferramenta.

A versão do software Blender 3D utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi a 2.49b, para o sistema operacional Windows e disponível para download no site <http://download.blender.org/release/Blender2.49b/>. O software foi instalado em um computador com processador Intel Dual Core 2.0 GHz, sistema operacional Windows 7 e memória RAM de 2 GB.

3.5. BLENDER 3D

O Blender 3D, segundo a Blender Foundation (2013) é um software utilizado para o desenvolvimento de aplicações e modelagens tridimensionais, animação, jogos, simuladores, visualizações de espaços tridimensionais, vídeos de alta qualidade. É uma ferramenta que pode ser aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, criação de jogos, arquitetura, medicina, design, engenharia, criação e produção de vídeos, educação e outras. Essa diversidade de aplicações que o software oferece deve-se ao fato de conter um motor de jogos incorporado, que possibilita a criação de ambientes tridimensionais interativos, e também

por possuir recursos que permitem a utilização de scripts na linguagem Python.

A interface padrão do Blender, mostrada na Figura 6, é composta por:

- Barra de Ferramentas, responsável por tarefas como, por exemplo, salvar projeto, alterar cena, alterar visualização da área de trabalho, adicionar objetos e outras.
- 3D *View*, responsável por mostrar os objetos tridimensionais e é composta por um objeto, uma câmera e uma lâmpada.
- Janela dos botões, contém os botões que realizam as funções no software, exemplo, atribuição dos materiais, da física, renderização e outros.

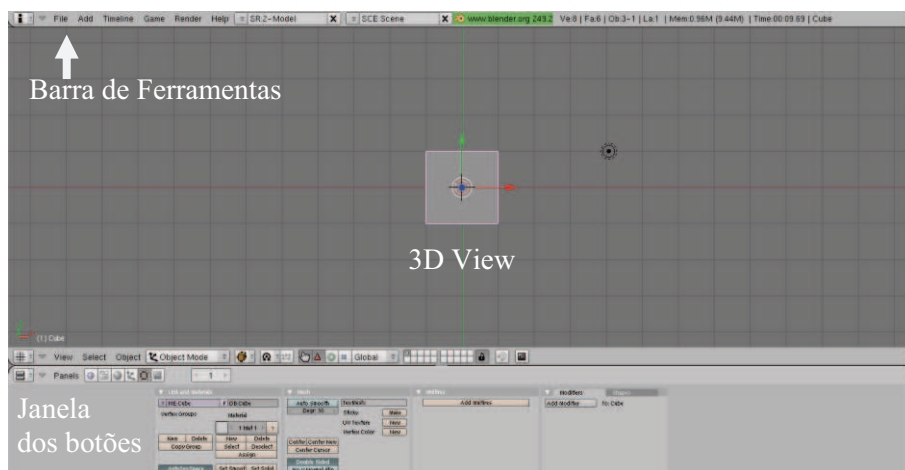


Figura 6 - Interface do Blender

O software Blender 3D é uma ferramenta com grande poder de criação de aplicações interativas através do seu motor de jogos. O tópico a seguir apresenta a Game Engine do Blender 3D.

3.5.1. GAME ENGINE

Segundo a Blender Wiki (2013), o Blender contém um motor de jogos integrado, que permite a criação de aplicações interativas em três

dimensões. A Blender Game Engine (BGE) é uma ferramenta de programação de alto nível, cujo objetivo é o desenvolvimento de Jogos, mas permite o desenvolvimento de qualquer outro tipo de aplicativo tridimensional interativo, como por exemplo, visualizações de cenários para arquitetura ou pesquisas na área de educação.

A Blender Wiki (2013) diz que o funcionamento da BGE é baseado na utilização dos “Logic Bricks” ou Blocos Lógicos. O propósito dos “Logic Bricks” é oferecer uma interface visual simples e fácil de utilizar para o desenvolvimento das aplicações interativas. Os Logic Bricks representam funções previamente programadas que podem ser ajustadas e combinadas para criar a aplicação. O sistema é dividido em três tipos básicos: Sensores, Controladores e Atuadores. Esses blocos lógicos precisam estar interligados para funcionar.

Segundo a Blender Wiki (2013), os Sensores servem para sentir quando algo está acontecendo, como uma colisão, movimento do Mouse ou uma tecla pressionada. Os Sensores são ligados aos Controladores, que através do uso de operadores lógicos processa o sinal proveniente dos sensores e posteriormente ativam os Atuadores. Esses três tipos de componentes precisam estar interligados para funcionar, a Figura 7 mostra a ligação entre os blocos lógicos. A seguir os Sensores, Controladores e Atuadores são detalhados.

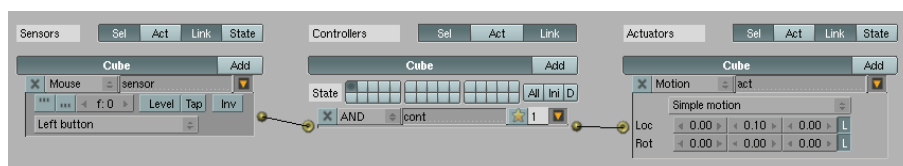


Figura 7 - Ligação entre os blocos lógicos

SENSORS (SENSORES)

Segundo Game Logic (2013), são as causas para que a lógica possa agir e executar uma ação. Podem ser do tipo de um objeto próximo, uma tecla pressionada do teclado, eventos com tempo, etc. Ao ser acionado o

sensor dispara um pulso positivo e envia para todos os Controladores ligados a ele. A Figura 8 mostra um sensor no Blender.

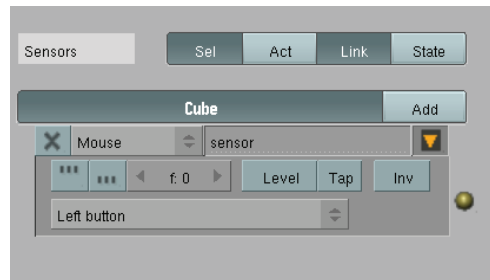


Figura 8 - Sensor com função para mouse

Os Sensores podem ser dos tipos Always, Delay, Keyboard, Mouse, Touch, Collision, Near, Radar, Property, Random, Ray, Message, Joystick e Actuator.

CONTROLLERS (CONTROLADORES)

Segundo Segundo Game Logic (2013), os controladores são blocos que coletam dados providos pelos Sensores e processam estes dados utilizando operadores lógicos. O resultado apropriado é encaminhado para os atuadores. Existem oito maneiras de tratar os dados de entrada: AND, OR, XOR, NAND, NOR, XNOR, Expression e Python. No controlador do tipo Python é possível que na entrada seja utilizando um Script Python ou qualquer outro arquivo que contenha códigos em linguagem de programação Python programado pelo usuário. Os controladores permitem a realização e tratamento do uso de mais de um sensor para executar uma ação.

ACTUATORS (ATUADORES).

Segundo Game Logic (2013), os atuadores executam as ações através dos sinais recebidos dos Controladores e podem ser dos tipos, Motion, Shape Action, Constraint, Ipo, Câmera, Sound, Property, Edit Object, Scene, Random, Message, CD, Visibility, 2D Filter, Parent e State.

A BGE é uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de aplicações tridimensionais nas mais diversas áreas. Mas para o desenvolvimento é necessário conhecimento aprofundado na ferramenta e nas funcionalidades que ela contém. No tópico a seguir são apresentadas algumas técnicas de modelagem utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

3.6. TÉCNICAS DE MODELAGEM GEOMÉTRICA

A modelagem tridimensional consiste na representação matemática de uma superfície real dentro de um computador. Isso é possível através da utilização de softwares específicos, capazes de efetuar essa transformação como, por exemplo, o Blender. O desenvolvimento de modelos tridimensionais é baseado em técnicas, tais como, as técnicas de Extrusão, CSG, Imagem de Referência e outras. A seguir são apresentadas algumas técnicas de modelagem geométrica importantes para o decorrer deste trabalho.

CSG (CONTRUTIVE SOLID GEOMETRY OU GEOMETRIA SÓLIDA CONSTRITIVA)

O método de CSG consiste em construir um objeto a partir da combinação operatória (união, intersecção e diferença) de dois ou mais sólidos. Na Figura 9, pode-se observar a realização de uma diferença entre os dois objetos.

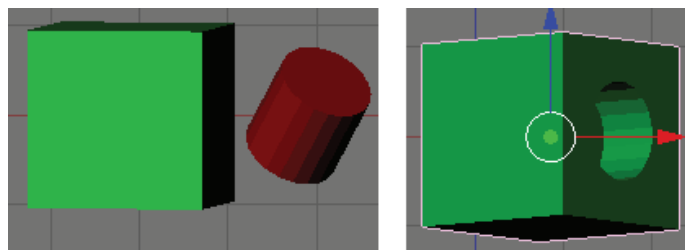


Figura 9 - Diferença entre dois objetos

TÉCNICA DE EXTRUSÃO

Segundo Costa et al. (2007) a extrusão é definida por uma área em duas dimensões transladada por determinado caminho em relação ao plano dessa área para se criar um objeto composto por três dimensões. Esse tipo de técnica permite elaborar diversos objetos tridimensionais. A Figura 10 mostra um exemplo da técnica.

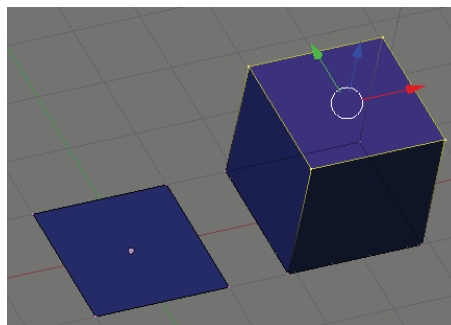


Figura 10 - Técnica de Extrusão

IMAGEM DE REFERÊNCIA

Modelar um objeto através de uma imagem de referência consiste em projetar um objeto sobre a figura do elemento que se deseja criar através de um plano inserido no espaço. As imagens de referência usadas para modelagem tridimensional são comumente chamadas de Blueprints, que são desenhos mais técnicos mostrando os detalhes da figura de frente, de lado e de costas. A técnica de modelagem usando uma imagem de referência possibilita criar modelos tridimensionais com mais alto grau de fidelidade. A figura 11 mostra o uso da técnica.

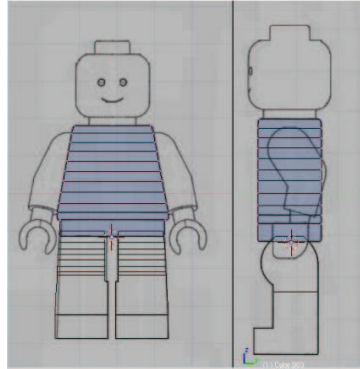


Figura 11 - Técnica de Imagem de Referência

As técnicas de modelagem permitem a criação de modelos tridimensionais para compor ambientes virtuais. Para o desenvolvimento desses ambientes, além das técnicas de modelagem geométricas apresentadas anteriormente, é preciso utilizar o conceito de Modelagem Arquitetônica para construção de prédios, casas, salas, pontes e outras. O tópico a seguir abordará este tema.

3.7. MODELAGEM ARQUITETÔNICA

A modelagem arquitetônica consiste em reproduzir modelos de edifícios, residências, salas, estacionamentos e outros a partir de plantas elaboradas em 2D por softwares de engenharia, por exemplo AUTOCAD. Este tipo de modelagem cria objetos tridimensional partindo de um desenho no plano 2D. A figura 12 mostra um exemplo de construção de um prédio a partir da sua planta baixa. O software Blender permite que se utilize a modelagem arquitetônica, pois possui compatibilidade com os softwares de engenharia presentes no mercado.

Para o desenvolvimento do trabalho será utilizado este tipo de modelagem para criar o Laboratório Virtual de Eletrônica.

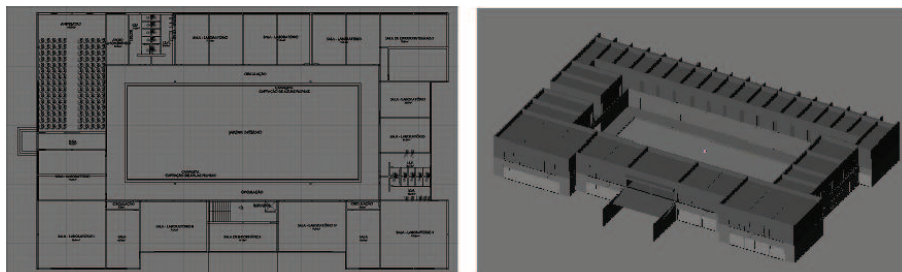


Figura 12 - Modelagem Arquitetônica

3.8. TEXTURIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO

A utilização de textura no software Blender permite a criação de objetos que se assemelham com o real. Existem diversas maneiras de se utilizar a textura, uma delas é a utilização do GLSL material. O GLSL ou OpenGL Shading Language (GLSL) é uma linguagem de shading de alto nível que possui funções gráficas responsáveis por definir as propriedades visuais de um objeto tridimensional. Foi desenvolvida pela OpenGL ARB para possibilitar aos desenvolvedores controle mais direto do pipeline gráfico sem a necessidade de utilizar uma linguagem de baixo nível. Porém, utilização deste recurso requer placa de vídeo e drivers que o suportem.

Para utilizar o GLSL foi preciso realizar testes. Os testes foram efetuados com três computadores com placa gráfica onboard, que são os seguintes: uma máquina com processador Intel Dual Core 2.0GHz e 2GB de memória, outra máquina com processador Intel Pentium 1.8GHz e 2GB de memória e a terceira máquina utilizada possuía processador AMD Dual Core com 6GB de memória. Após realizar os testes com exemplos que utilizavam GLSL foi possível observar que todas possuíam suporte para o GLSL.

A utilização do GLSL proporciona efeitos realísticos às texturas. Para que fosse possível aplicar as texturas de maneira apropriada no ambiente virtual foi necessária a utilização de um software auxiliar que cria

diversos tipos de textura. Esse software chama-se CrazyBump, apresentada no tópico a seguir.

3.9. CRAZYBUMP

CrazyBump é um software capaz de gerar texturas de diversos tipos, por exemplo, difusa, especular, normal maps, oclusion e outras. A versão utilizada foi a CrazyBump Demo Version 1.2, disponível em: <http://crazybump.com/>.

Para criar as texturas no software, basta abrir a imagem e em seguida o software cria as texturas automaticamente. O próximo passo a ser feito é salvar as texturas no local desejado. A Figura 13 mostra a interface do CrazyBump.

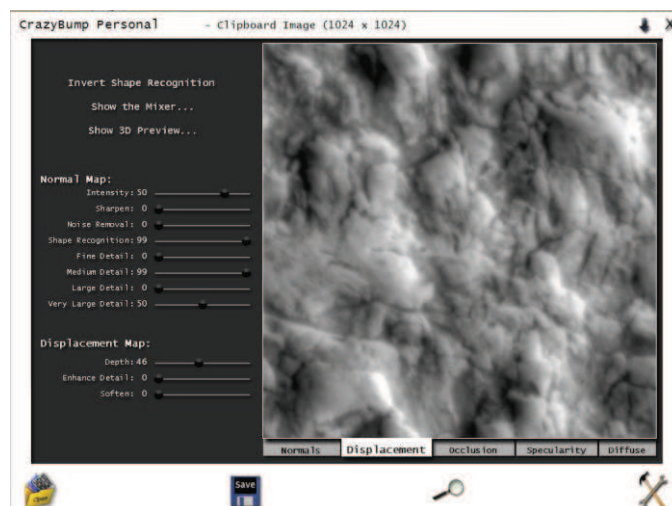


Figura 13 - Interface CrazyBump

4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1. AMBIENTE TRIDIMENSIONAL

A construção do ambiente virtual tridimensional do Laboratório de Eletrônica iniciou-se com a obtenção da planta baixa do departamento de

Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras, fornecida pelo próprio departamento. Porém, foi utilizada apenas a área específica do laboratório de Eletrônica II, esta é apresentada na figura abaixo.

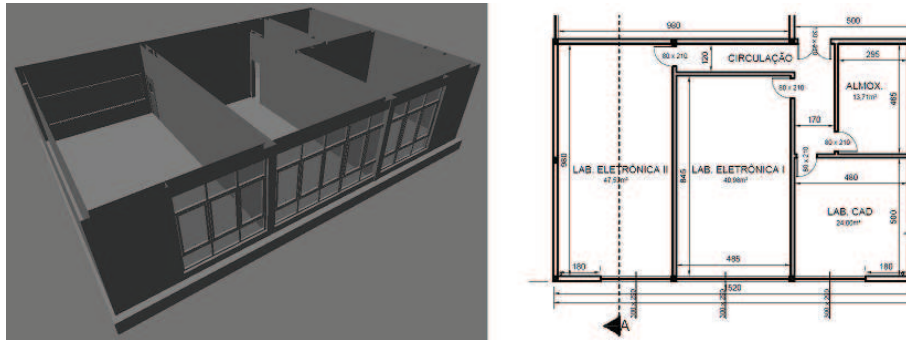


Figura 14 - Planta baixa do Laboratório de Eletrônica

A partir da planta baixa do laboratório foi possível importá-la no software Blender 3D e aplicar a técnica de Extrusão para gerar as paredes da sala. Após a construção das paredes foram realizados ajustes para que o modelo possuísse as características do Laboratório real.

O próximo passo do desenvolvimento foi a composição do ambiente virtual. Para tal etapa foram utilizadas imagens do laboratório e foi realizada a criação dos objetos presentes na sala como, por exemplo, bancadas, bancos, quadro, armário, osciloscópio, ferro de solda e amperímetro. Na modelagem destes objetos foram utilizadas as técnicas de Extrusão, Imagem de referência e CSG. Cada objeto foi modelado individualmente para facilitar a etapa de programação. As Figuras 15 e 16 apresentam aparelhos eletrônicos que são utilizados no laboratório. A partir dessas imagens foram realizadas a caracterização do ambiente tridimensional e a modelagem dos componentes.

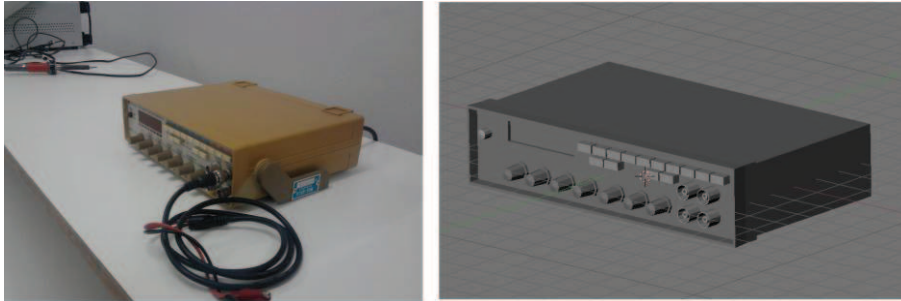


Figura 15 - Gerador de Funções

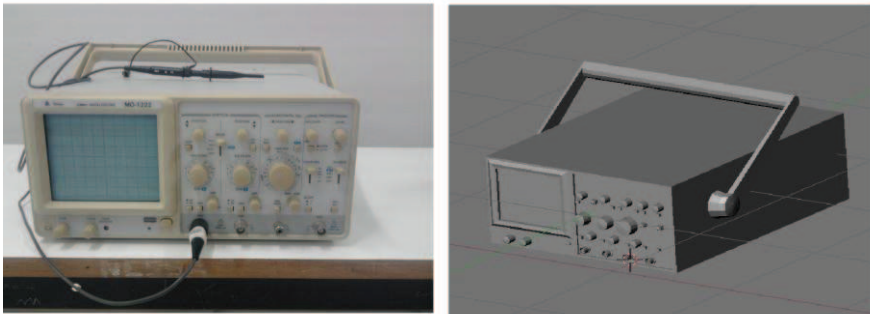


Figura 16 - Osciloscópio

Com o ambiente tridimensional criado, a sequência do trabalho consiste na programação do laboratório na BGE. O tópico a seguir aborda com mais detalhes a programação.

4.2. PROGRAMAÇÃO DO AMBIENTE

Os sistemas de realidade virtual segundo Tori e Kirner (2006), permitem ao usuário interagir com o software em tempo real. Essa interação pode ser de diversas maneiras como, por exemplo, utilizando o mouse, o teclado, telas de toque, luvas eletrônicas e outros. A interação com o ambiente virtual permite ao usuário realizar atividades como se estivesse dentro do próprio sistema e pode ser realizada através de um personagem.

4.2.1. PERSONAGEM

Com o laboratório de Eletrônica modelado, a próxima etapa do trabalho consistiu na definição de interação do usuário com o ambiente. Para isto, foi escolhido que a interação com o sistema de Realidade Virtual seria em primeira pessoa. No desenvolvimento desta fase do trabalho foi utilizado um cubo para representar o personagem, mas o cubo será invisível para o usuário. A inserção de um personagem mesmo que invisível é necessária para que o tratamento de colisão e ações de interação possam ocorrer. Foi decidido utilizar um cubo, pois utilizar um personagem em terceira pessoa acarretaria algumas dificuldades como animação dos movimentos dos ossos no personagem, interação com o ambiente e a idéia inicial de construir o Laboratório Virtual é que o usuário do aplicativo tenha impressão que está dentro do laboratório, efeito reproduzido pela câmera em primeira pessoa.

Para o cubo se locomover dentro do laboratório foram utilizadas as teclas do teclado, que são as seguintes:

- ↑ Seta para cima realiza a movimentação para frente.
- ↓ Seta para baixo realiza a movimentação para trás.
- ← Seta para esquerda rotaciona para esquerda.
- → Seta para direita rotaciona para a direita.

Como a visão da aplicação é em primeira pessoa, também foram utilizadas as teclas W, A, S e D para movimentar. Essas teclas são mais comuns para pessoas que jogam jogos em primeira pessoa. A descrição dessas teclas é mostrada a seguir.

- W, realiza a movimentação para frente.
- S, realiza a movimentação para trás.
- A, movimenta para esquerda.
- D, movimenta para a direita.

A programação das teclas do teclado foi possível através da utilização dos *Logic Bricks*, para cada tecla (setas) foi utilizado um *Sensor* do tipo Keyboard, um *Controller* do tipo And e um *Actuator* do tipo Motion. Na programação da movimentação para frente e para trás (seta para frente e seta para trás e teclas W e S), foi utilizado um *Controller* do tipo XOR (ou exclusivo) para permitir, logicamente, a utilização de duas teclas para realizarem a mesma função. Os parâmetros utilizados no *Actuator* Motion foram: 0.10 para movimentação e 0.03 para rotação. A figura 16 a programação da movimentação.

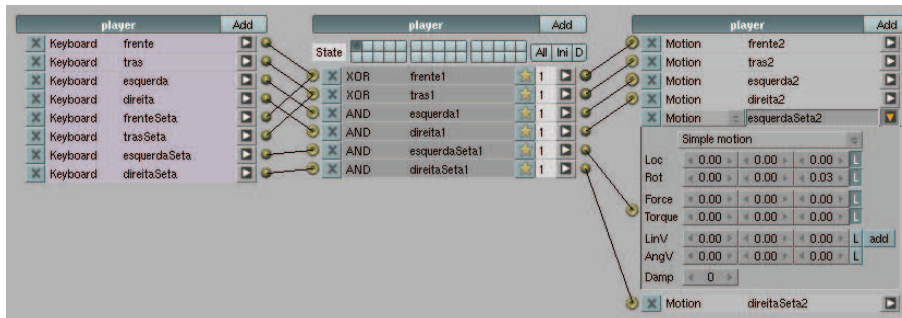


Figura 17 - Programação da movimentação do personagem

A próxima etapa da programação do personagem foi a visão, esta segue o posicionamento do mouse na tela. Para realizar a programação foi necessário utilizar uma Câmera unida com o Cubo (personagem), também foi utilizado um script em Python que captura a localização do mouse e modifica a posição do personagem. A Figura 17 apresenta um trecho do script Python utilizado. No trecho de código, são obtidos os *Sensors*, *Controllers*, os *Actuators* e a posição do mouse para que posteriormente seja atribuído ao objeto e às modificações da posição do mesmo.

```

1  # obtem o controller
2  controller = GameLogic.getCurrentController()
3
4  # obtem o sensor chamado de Mouse
5  mouse = controller.getSensor("Mouse")
6
7  # obtem os actuators
8  giraEsqDir = controller.getActuator("EsqDir")
9  giraCimBaixo = controller.getActuator("CimaBaixo")
10
11  altura = Rasterizer.getWindowWidth()
12  largura = Rasterizer.getWindowHeight()
13  Rasterizer.showMouse(1)
14
15  def mouseMove():
16      x = altura/2 - mouse.getXPosition()
17      y = largura/2 - mouse.getYPosition()
18      if hasattr(GameLogic, 'init') == False:
19          x = 0
20          y = 0
21
22      GameLogic.init = True
23      return (x, y)
24
25  pos = mouseMove()

```

Figura 18 - Trecho do Script Python

Outra parte importante para a programação do Personagem foi a definição da física. É essa programação quem define as colisões e o efeito da força da Gravidade Terrestre no objeto. Portanto foi escolhido que o personagem seria do tipo *Dynamic* e um *Actor*, dessa maneira é possível que ele se movimente dentro de um cenário com obstáculos. Os parâmetros utilizados foram os padrões atribuídos pela BGE, apenas o parâmetro *Damp*, responsável pelo tratamento da força de atrito foi modificado para 0.9. Na figura a seguir, é possível observar a definição do tipo do personagem.

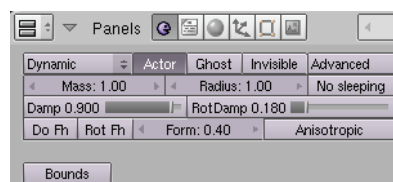


Figura 19 - Tipo do personagem

4.3. DESENVOLVIMENTO DAS AULAS PRÁTICAS

Os ambientes virtuais voltados para o ensino são aplicados em várias áreas do conhecimento, dentre elas a de circuitos eletrônicos. Quando os

ambientes virtuais simulam experiências e aulas práticas proporcionam ao aluno uma maneira diferenciada de absorver informações.

O conteúdo didático utilizado como base para o desenvolvimento deste trabalho foi o Guia de Aulas Práticas de Eletrônica Básica, elaborado pelos professores Wilian Soares Lacerda e João Carlos Giacomini no ano de 2009. A escolha deste material deve-se ao fato que o guia é utilizado nas aulas da Disciplina de Circuitos Eletrônicos para alunos de graduação em Ciência da Computação. O guia é composto por aulas práticas envolvendo conceitos sobre eletrônica, experiências sobre circuitos eletrônicos e exercícios. Também possui orientações para elaboração dos exercícios práticos, utilização de aparelhos de medição e componentes eletrônicos.

Após a escolha do conteúdo didático, o próximo passo foi a definição de como as aulas práticas seriam criadas em três dimensões. As aulas práticas no laboratório virtual seguiram as mesmas características das aulas pertencentes ao Guia de Aulas Práticas de Eletrônica Básica. Portanto, a aula prática virtual foi desenvolvida de maneira expositiva, mostrando o conteúdo didático e os exercícios e a montagem do circuito elétrico é realizada por uma animação.

Para a realização da montagem do circuito foi necessária a modelagem dos componentes eletrônicos, como por exemplo, resistores, capacitores, diodo e transistores. As Figuras 20, 21 e 22 mostram os componentes modelados. Para a modelagem destes objetos foram seguidas as técnicas de modelagem geométrica apresentadas na seção 3.6.

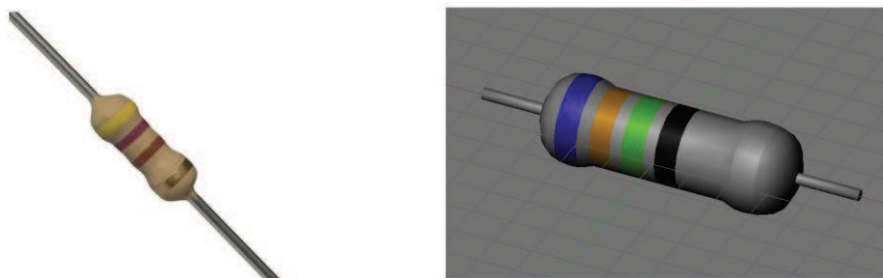


Figura 20 - Resistor real e resistor modelado no Blender 3D

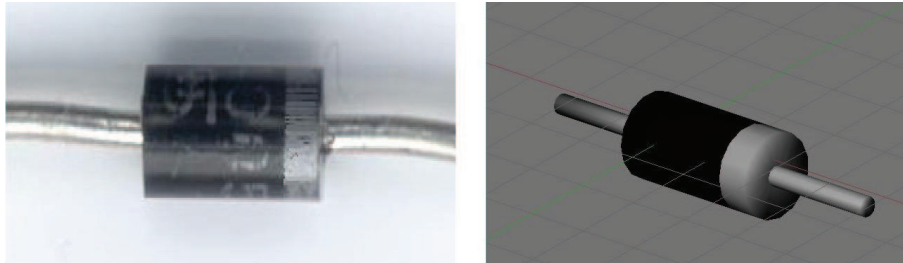


Figura 21 - Capacitor real e capacitor modelado no Blender 3D

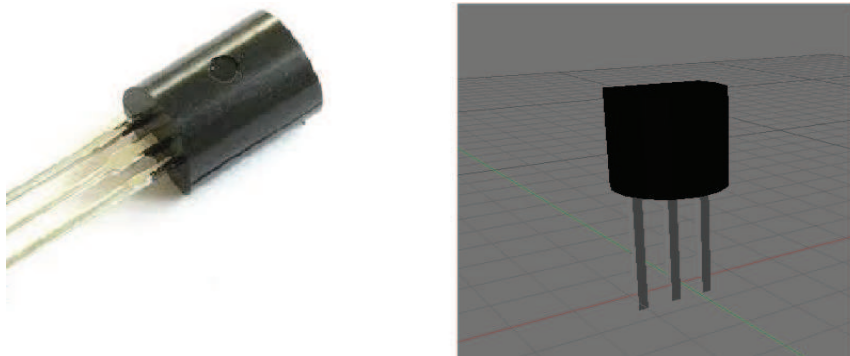


Figura 22 - Transistor real e transistor modelado no Blender 3D

4.3.1. PROGRAMAÇÃO DA AULA PRÁTICA

A construção da aula prática no Blender 3D foi uma tarefa que exigiu a utilização de recursos de mudança de cena na BGE. A idéia era que a partir do Laboratório Virtual, o usuário escolhesse qual aula prática ele realizaria. Para isso foi inserido um menu com as Aulas Práticas no quadro dentro da Sala Virtual. A Figura 23 ilustra o menu. O menu foi inserido dentro do ambiente virtual para que não perdesse a idéia do realismo.

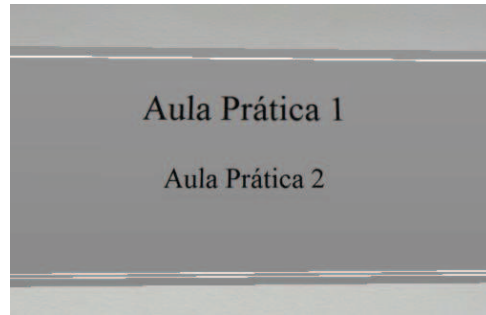


Figura 23 - Menu de aulas práticas de Eletrônica do LAVECE

Para selecionar a aula prática é utilizado o ponteiro do mouse e o clique com o botão esquerdo. Para que fosse possível utilizar o mouse foi necessário um Script Python para exibir o cursor na Game Engine. Esse script é mostrado na Figura 24.

```
1 import Rasterizer  
2 Rasterizer.showMouse (1)
```

Figura 24 - Script para exibir o mouse na BGE.

Ao selecionar uma aula prática no ambiente virtual, através dos *Logic Bricks*, ocorre a mudança de cena. Nesta nova cena foi programada a aula prática.

A aula prática contém a Teoria apresentada no formato de texto. Os textos foram colocados em planos para que se possa realizar a leitura. A Figura 24 mostra o conteúdo didático.

1ª PRÁTICA

Voltar Laboratório

Título: *Resistores, Voltímetros e Amperímetros*

Objetivos:

- Conhecer o código de cores dos resistores de carvão;
- Aplicar o código de cores para identificar o valor de um resistor;
- Aprender como usar o voltímetro e amperímetro.

Teoria:

Código de cores em resistores

Os resistores são componentes de dois terminais que têm uma resistência constante, e cuja função é regular a passagem de corrente elétrica por um circuito. Os resistores são componentes lineares que seguem a primeira lei de Ohm: $V = R \cdot I$

Os resistores utilizados em circuitos eletrônicos são, normalmente, feitos de filme de carvão ou filme metálico, e recobertos com tinta e identificados por um conjunto de 4 faixas coloridas (alguns têm 5 faixas). As faixas de cor existentes no corpo do resistor de carvão fornecem seu valor em Ohms. Cada cor representa um número, como mostrado na tabela abaixo.

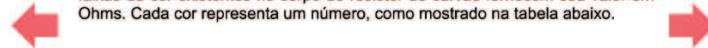


Figura 25 - Conteúdo didático da 1ª aula prática de Eletrônica.

Ao terminar a leitura é possível realizar a montagem do circuito elétrico. O desenvolvimento da montagem do circuito elétrico é realizado através de utilização do mouse para movimentar os componentes e posicioná-los na matriz de contato. Após realizar a montagem do circuito eletrônico é possível executar uma animação da medição de voltagem do circuito utilizando o voltímetro. A animação do voltímetro foi realizada no próprio Blender, através do recurso de IPO Curve e por inserção de quadros chaves.

Para a execução da animação, utiliza-se o mouse e uma programação na BGE. Porém, ao realizar a programação ocorreu uma dificuldade, esta que consistiu na maneira como seria executada uma animação a partir de um clique do mouse. Para resolução desta dificuldade foi utilizado um *Actuator* do tipo Message relacionado com os *Sensors* do tipo Mouse e o *Controller* do tipo AND. Ao clicar com o mouse no botão de execução da animação, o atuador Message envia um sinal broadcast para todos os objetos na cena, com isso o multímetro recebe o sinal e é executada a animação. A figura 26 mostra o conjunto de *Logic Bricks* associados para executar a ação. O botão

Executar, quando recebe um clique do mouse envia uma mensagem com o assunto True e objeto Resistor ao receber esta mensagem executa a ação de animação via IPO.

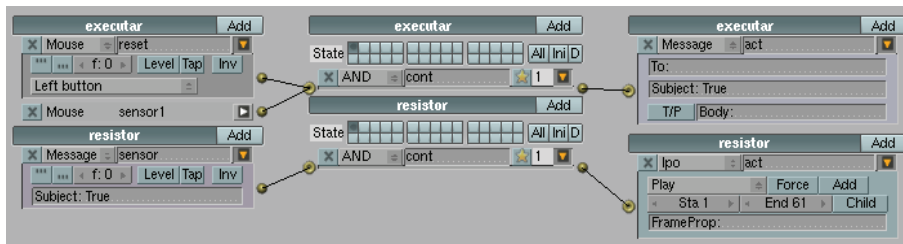


Figura 26 - Mensagem broadcast para a execução da animação

Foi implementado o botão Reiniciar, que tem função de reiniciar a montagem do circuito elétrico, e um botão que permite voltar para o laboratório e conseqüentemente sair da aula prática. Na figura 27 é mostrada uma visão da montagem do circuito elétrico.

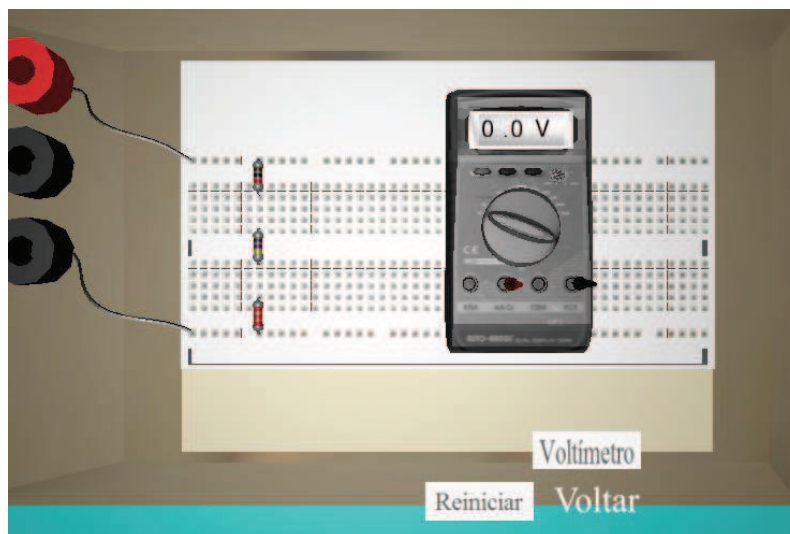


Figura 27 - Circuito elétrico montado

4.4. ELABORAÇÃO DO MENU PRINCIPAL

A próxima etapa do trabalho foi a elaboração de um menu principal para direcionar o usuário. O menu contém uma opção de ir para o Laboratório, este direciona o usuário para o laboratório. Outra opção a de instruções, que contém instruções de locomoção e movimentação no ambiente virtual. Uma opção denominada Sobre, mostra informações sobre o aplicativo. Por último existe a opção Sair, que sai do programa.

A programação na BGE foi realizada através de mudança de cena, ou seja, para cada opção do menu a escolha direciona o usuário para uma outra cena.

4.4.1. TEXTURIZAÇÃO DO AMBIENTE

Para a texturização do ambiente virtual foram respeitadas as características do Laboratório de Eletrônica II, como por exemplo, as cores dos objetos, o material do piso e outros. As texturas aplicadas nos objetos modelados no software Blender foram imagens do próprio Laboratório de Eletrônica II. A Figura 28 mostra algumas das texturas utilizadas. Também foram utilizadas imagens de *normal maps*, *diffuse* e *specular* produzidas no software CrazyBump, para possibilitar efeito mais realístico aos objetos modelados.

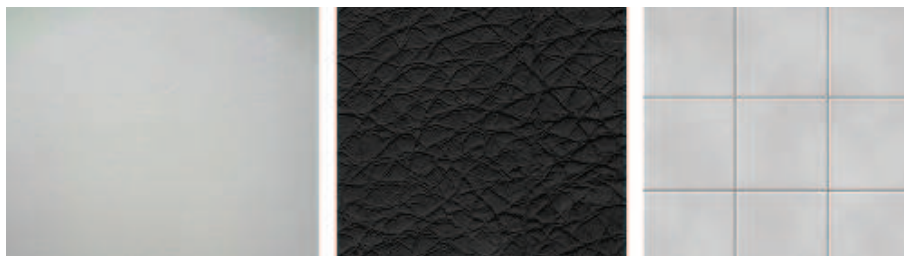


Figura 28 - Texturas utilizadas para compor o ambiente virtual.

Na Figura 28, as imagens representam a parede, material dos bancos e o piso do laboratório, respectivamente. E na Figura 29 são apresentadas as imagens *normal maps*.

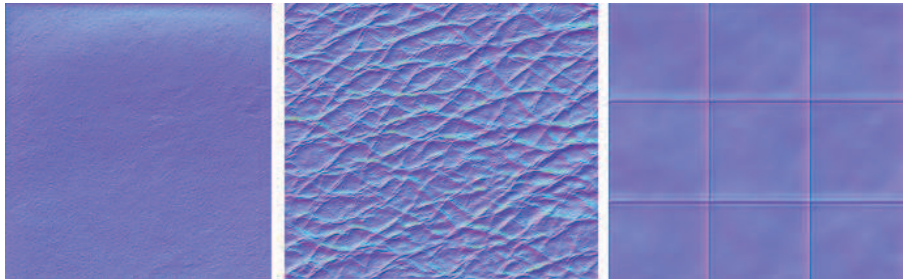


Figura 29 - Imagens normal maps do CrazyBump

No software Blender, utilizou-se o Mapeamento UV dos objetos, ou seja, mapeamento das malhas dos objetos. A utilização deste recurso permite que a textura dos objetos fique aplicada igualmente em todas as faces. Foram adicionados três tipos de textura (*normal maps*, *difuse* e *specular*) para se obter o resultado esperado. A Figura 30 mostra o mapeamento do assento de um dos bancos pertencente ao laboratório.

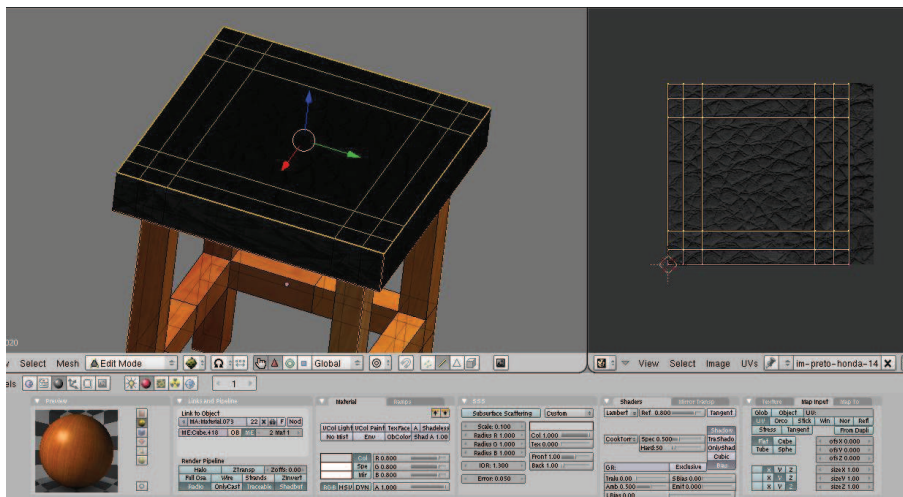


Figura 30 - Mapeamento UV do banco

4.4.2. ILUMINAÇÃO

A iluminação é um fator importante para a composição dos ambientes virtuais. Sem uma luz não é possível visualizar efeito dos materiais aplicados aos objetos. O Blender 3D possui vários tipos de iluminação, que são:

- Lamp, é uma fonte de luz de unidirecional, similar a uma lâmpada tipo bulbo.
- Spot, é uma fonte de luz direcional.
- Area, é uma fonte simulando áreas produzindo luzes, como janelas, televisores, telas de Cristal Líquido (LCD) e outras.
- Hemi, simula uma fonte de luz muito ampla, muito distante e não produz sombra, como por exemplo, o céu.
- Sun, simula uma fonte de luz muito distante, como por exemplo, o Sol.

No trabalho foram utilizadas duas lâmpadas do tipo Hemi e uma do tipo Lamp para iluminar o ambiente virtual, já para as aulas práticas foi utilizada apenas lâmpada do tipo Lamp. A escolha das lâmpadas foi um processo trabalhoso que gerou certas dificuldades. Porém, com testes realizados nos modelos desenvolvidos foi possível identificar os tipos de lâmpadas que obtiveram melhores resultados.

4.5. DESENVOLVIMENTO DO LOGOTIPO

Depois de criada a ferramenta educacional surgiu a necessidade de elaborar um logotipo e o nome para o aplicativo. Para a criação do logotipo foi utilizada a ferramenta de design gráfico Corel Draw X5, versão gratuita para testes. Para compor o nome e o logotipo era necessário conter algo relacionado com Circuitos Eletrônicos, portanto o nome escolhido para a ferramenta foi de LAVECE, que significa Laboratório Virtual para Ensino

de Circuitos Eletrônicos e o para o logotipo foi utilizado um resistor que representa a área de circuitos. A figura a seguir mostra o logotipo e o nome adotado.



Figura 31 - Logotipo da ferramenta

5. RESULTADOS

5.1. PROTÓTIPO

Como resultados tem-se o protótipo da ferramenta LAVECE, que permite ao usuário se locomover dentro do laboratório virtual de Eletrônica, realizar aulas práticas e montagem de circuitos eletrônicos. No protótipo foram desenvolvidas duas aulas práticas, baseadas nas 1ª e 2ª aulas práticas do Guia de Lacerda e Giacomini (2009).

No laboratório virtual, mostrado na Figura 32, é possível navegar e realizar interação com o menu de aulas práticas, com o armário e com a porta de saída.

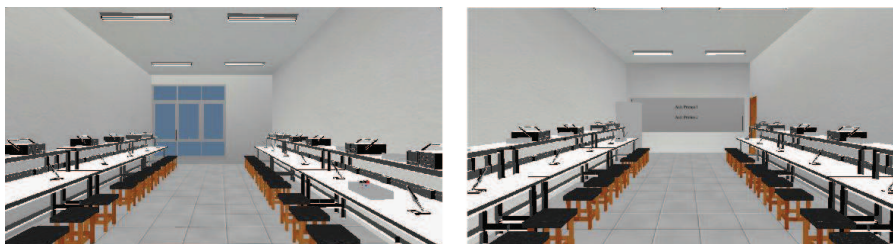


Figura 32 - Imagens do Laboratório Virtual

No armário próximo ao quadro é permitido visualizar alguns componentes e informações referentes ao componente. A Figura 33 apresenta a visualização do componente.

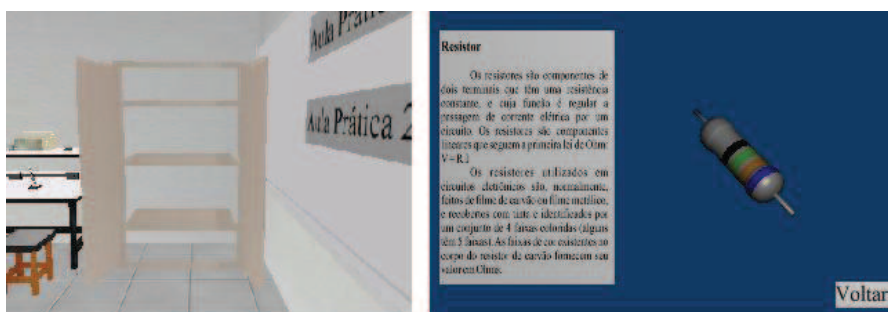


Figura 33 - Armário virtual

Foram desenvolvidas duas aulas práticas, nas quais o usuário se depara com o conteúdo didático, apresentado no formato de textos e provenientes de Lacerda & Giacomini (2009). É permitido ao usuário mudar de conteúdo através de cliques com o cursor do mouse sobre as setas, mostrado na Figura 34.

1ª PRÁTICA Voltar Laboratório

Título: *Resistores, Voltímetros e Amperímetros*

Objetivos:

- Conhecer o código de cores dos resistores de carvão;
- Aplicar o código de cores para identificar o valor de um resistor;
- Aprender como usar o voltímetro e amperímetro.

Teoria:

Código de cores em resistores

Os resistores são componentes de dois terminais que têm uma resistência constante, e cuja função é regular a passagem de corrente elétrica por um circuito. Os resistores são componentes lineares que seguem a primeira lei de Ohm: $V = R \cdot I$

Os resistores utilizados em circuitos eletrônicos são, normalmente, feitos de filme de carvão ou filme metálico, e recobertos com tinta e identificados por um conjunto de 4 faixas coloridas (alguns têm 5 faixas). As faixas de cor existentes no corpo do resistor de carvão fornecem seu valor em Ohms. Cada cor representa um número, como mostrado na tabela abaixo.

Figura 34 - Conteúdo teórico da 1ª Aula Prática.

Após ser apresentado todo conteúdo teórico sobre a aula prática, o usuário é direcionado a realização de alguns exercícios de múltipla escolha para fixação do conteúdo. A Figura 35 mostra a tela com os exercícios. O usuário responde as perguntas através de cliques com o mouse sobre as alternativas e é retornada uma resposta se a escolha está correta ou não.

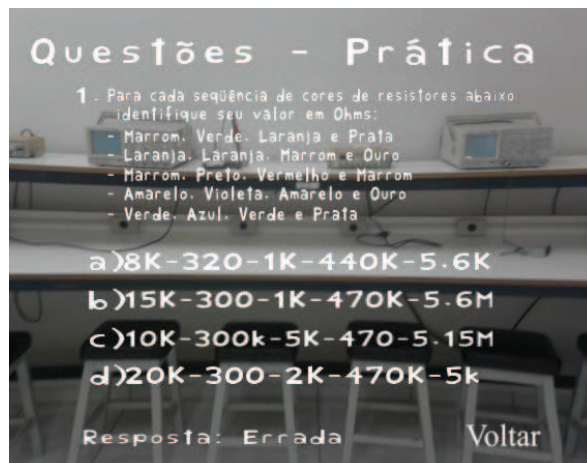


Figura 35 - Questões práticas

Ao terminar a execução dos exercícios, o usuário pode realizar a montagem do circuito eletrônico. A montagem é feita utilizando o mouse para arrastar os resistores e colocá-los sobre a matriz de contato. Ao terminar de montar o circuito é possível visualizar, através de uma animação, a medição de voltagens presentes no circuito disposto. Na Figura 36 é possível visualizar a montagem do circuito.

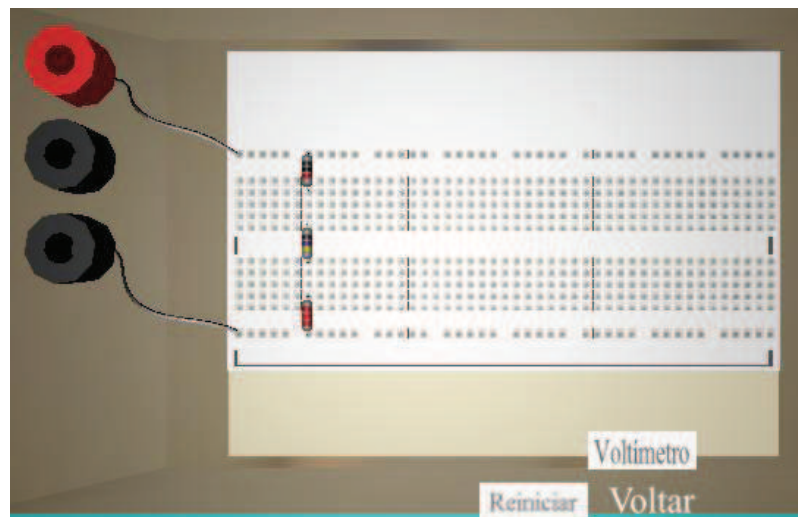


Figura 36 - Circuito eletrônico montado

5.2. AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

O sistema foi apresentado para 8 usuários, sendo todos alunos de graduação em Ciência da Computação que já cursaram ou estão cursando a disciplina de Circuitos Eletrônicos. Inicialmente foram explicadas a idéia e o objetivo do sistema, e em sequência cada usuário realizou a primeira aula prática. Após executar a aula prática, os usuários responderam a um questionário de pesquisa de opinião. O questionário, que se encontra no ANEXO A, foi aplicado com o intuito de obter opinião do usuário e sugestões de melhorias para a ferramenta. A seguir, é apresentada a análise das respostas.

A questão 1 teve a finalidade de identificar se a ferramenta é de fácil utilização para o usuário. A Figura 37 mostra que metade dos usuários opinaram que a ferramenta é de fácil utilização.

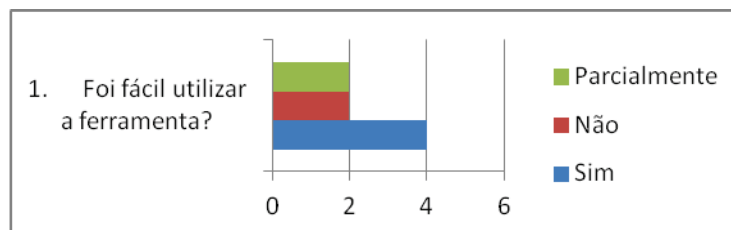


Figura 37 - Questão 1

Na questão 2, foi avaliada a capacidade da ferramenta contribuir para o aprendizado. A Figura 38 mostra que as respostas neste quesito foram satisfatórias, pois 7 pessoas responderam positivamente.

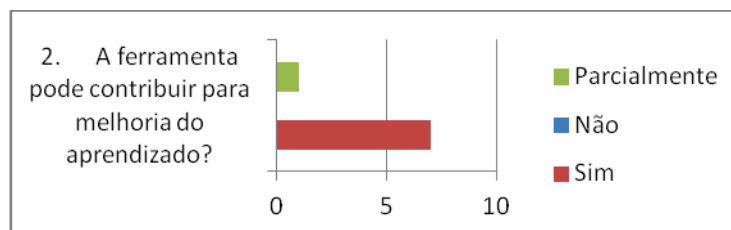


Figura 38 - Questão 2

Na questão 3, foi questionado se a ferramenta seria útil para os alunos. A Figura 39 mostra que todos os usuários reconheceram que a ferramenta pode auxiliar os alunos.

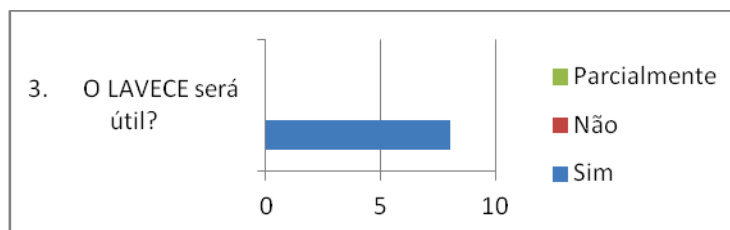


Figura 39 - Questão 3

Com a questão 4 foi avaliado se era possível substituir a aula real por uma aula virtual. Na Figura 40 mostra que os usuários ficaram imparciais.

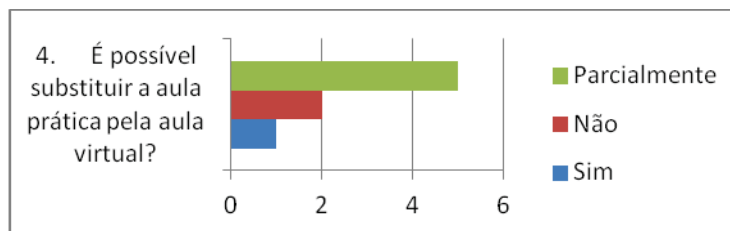


Figura 40 - Questão 4

Na questão 5 avaliou-se a interatividade do software. A Figura 41 mostra que a maioria dos usuários acharam o aplicativo interativo.

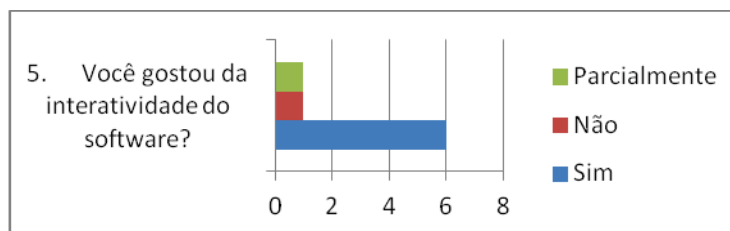


Figura 41 - Questão 5

O intuito da questão 6 foi verificar se os usuários encontrariam erros no software. A Figura 42 mostra que apenas um usuário encontrou erros no aplicativo.

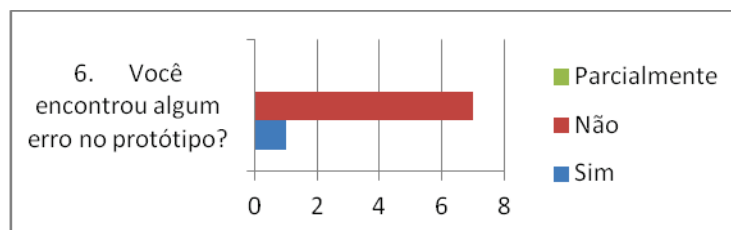


Figura 42 - Questão 6

Na questão 7, foi avaliado se o aplicativo apresentou o que foi proposto. Nesta questão, a maioria dos usuários consideram que o software apresentou o que propôs. Os resultados são mostrados na Figura 43.

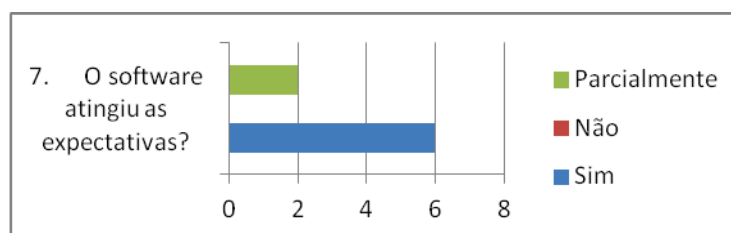


Figura 43 - Questão 7

A questão 8 verificou se os usuários conseguiram realizar a tarefa estabelecida. A Figura 44 mostra que a todos dos alunos conseguiram realizar a aula prática.

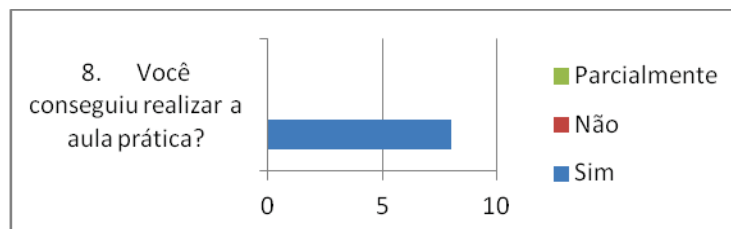


Figura 44 - Questão 8

Na questão 9, os usuários foram avaliados no que diz respeito a interface do software. Na Figura 44 é possível observar que a maioria das repostas foi positiva.

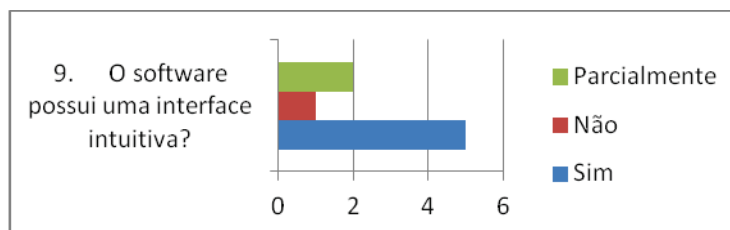


Figura 45 - Questão 9

E na questão 10 foi avaliada a opinião dos usuários a respeito da continuação do projeto. Na figura é possível observar que todos os usuários acharam interessante a continuação do trabalho.

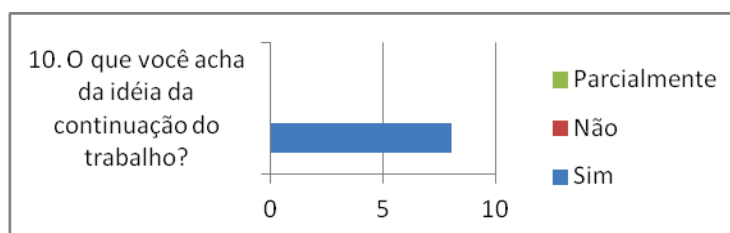


Figura 46 - Questão 10

A questão 11 foi destina para que os entrevistados sugerissem melhorias para o aplicativo, as opiniões obtidas são descritas na sequência:

- Inserir sons para melhor entendimento;
- Acrescentar mais componentes elétricos;

Os resultados obtidos da pesquisa de opinião mostram que a ferramenta desenvolvida foi bem avaliada e aceita pelos usuários. Também foi constatado que houve uma motivação por parte dos usuários em utilizar o sistema, confirmando que a utilização do computador no processo de ensino

e aprendizado incentiva a utilização de métodos alternativos de aquisição do conhecimento.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A tecnologia aplicada a educação é uma ferramenta que contribui de maneira expressiva para o processo de aprendizado do aluno. Com a utilização dos computadores é possível criar as mais variadas aplicações que apresentem conteúdo didático para os alunos. Este trabalho teve o intuito de criar a ferramenta LAVECE (Laboratório Virtual para Ensino de Circuitos Eletrônicos), um aplicativo que auxiliará os alunos de graduação no aprendizado do conteúdo referente a circuitos eletrônicos. O auxílio da formação do conhecimento é possível através da utilização do laboratório virtual e visualização da construção de aulas práticas.

A utilização de ambientes virtuais com conteúdo didático permite ao usuário aprender no seu próprio ritmo, estimula o interesse do aluno e faz com que a absorção do conteúdo seja feita de uma maneira descontraída. Porém a utilização dos materiais didáticos convencionais, como por exemplo, os livros são de fundamental importância para a construção do conhecimento do aluno. Essa nova maneira de transmitir o conhecimento é uma tendência, já que as tecnologias estão mais presentes na vida dos estudantes de graduação.

Através da análise dos usuários que utilizaram a ferramenta verificou-se que o uso de um método alternativo para a compreensão do conteúdo didático chama a atenção do usuário e transmite o conteúdo de maneira diferenciada.

A criação de ambientes virtuais que se assemelham com os reais é uma tarefa que exige dedicação e destreza, mas os resultados obtidos com o trabalho são satisfatórios.

Para trabalhos futuros espera-se o desenvolvimento de outras aulas práticas e realizar a integração do software Blender 3D com simulador SPICE, para que os dados dos aparelhos de medição sejam simulados.

7. REFERÊNCIAS

AUTODESK. 3ds Max 3D modeling and animation software. Disponível em: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-3ds-max/overview>. Acessado em: 18 de junho de 2013.

BLENDER FOUNDATION. Blender 2013; Disponível em <http://www.blender.org/>. Acesso em: 19 de junho de 2013.

BLENDER WIKI. Disponível em <http://wiki.blender.org/>. Acessado em: 25 de agosto de 2013.

BRNA, P. E ASPIN, R. Collaboration in a Virtual World: Support for Conceptual Learning? Journal Education and Information Technologies archive Volume 3 Issue 3-4, December 1998.

CHEUNG, Kevin JONG, MORRIS LEE, F. LEE, JIMMY LUK, ERIC SHANG, JUNJIE WONG, MARTI. FARMTASIA: an online game-based learning environment based on the VISOLE pedagogy. Virtual Reality Springer London, v. 12, n. 1, p.17-25, 01 mar. 2008.

COSTA, R. G.; DINIZ, J.A.G.S.; SILVA, W.A.; RIBEIRO, M.W.S.; JÚNIOR, E. A. L.; CARDOSO, A. Integração de Técnicas de Modelagem com Vml e Java para Criação de Ambientes Virtuais em Realidade Aumentada. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. Itumbiara, 20 a 23 de Novembro. Páginas 69-71. 2007.

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

GAME LOGIC. Game Engine Blender 2.4. Disponível em: http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.4/Manual/Game_Engine/Logic. Acessado em: 25 de agosto de 2013.

KARA, Í. AND YAKAR, H.. Effects of Computer Supported Education on the Success of Students on Teaching of Newton's Laws of Motion. World Applied Sciences Journal 3 (1): 51-56, ISSN 1818-4952. © IDOSI Publications. Division of Science Education, Denizli, Turkey, 2008.

KEBRITCHI, M. AND HIRUMI, A. "2C". Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. Comput. Educ. Volume 51 Issue 4, Pages 1729-1743 , December 2008.

KIRNER, C.; PINHO, M.S. (1997) - Introdução à Realidade Virtual. Livro do Mini-curso, 1º Workshop de Realidade Virtual.São Carlos, SP, 9-12 de Novembro de 1997. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-wrv97.pdf> . Acessado em: 10 de agosto de 2013.

KIRNER, T. G.; KIRNER, C.; KAWAMOTO, A. L. S.; CANTÃO, J.; PINTO, A.; WAZLAWICK, R. S. Development of a collaborative virtual environment for educational applications, Proceedings of the sixth international conference on 3D Web technology, p.61-68, February 2001, Paderbon, Germany [doi>10.1145/363361.363378].

LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA, Universidade Federal de Lavras, Disponível em: <http://www.dcc.ufla.br/labeletronica/>. Acessado em: 20 de julho de 2013.

LACERDA, W.S e GIACOMIN, J. C.Guia de Aulas Práticas de Eletrônica Básica. UFLA/Departamento de Ciência da Computação, 2009. 123 p. CDD-621.381092.

MARINS, V.; HAGUENAUER, C.; CUNHA, G. (2007). Realidade Virtual em Educação - Criando Objetos de Aprendizagem com VRML. Colabor@ - A revista digital da CVA-RICESU. Volume 4, nº 15. Setembro 2007.

NAKAMOTO, P.T.; CARDOSO, A.; JÚNIOR, E.L.; MENDES, E.B.; TAKAHASHI, E.K.; CARRIJO, G.A. An Virtual Environment Learning of Low Cost for the Instruction of Electric Circuits. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina) Volume 8, Issue 6, Pages 695 – 702, 2010.

OGRE. Ogre 3D about. Disponível em: <http://www.ogre3d.org/about>. Acessado em: 18 de junho de 2013.

PADGETT, LYNNE S.; STRICKLAND, DOROTHY; COLES, CLAIRE D.. Case Study: Using a Virtual Reality Computer Game to Teach Fire Safety Skills to Children Diagnosed with Fetal Alcohol Syndrome. Oxford Journals, Atlanta, v. 31, n. 1, p.65-70, 11 mar. 2005.

PEREIRA, A. R. E PERUZZA, A. P. P. M. (2002). Tecnologia de Realidade Virtual Aplicada à Educação Pré-Escolar. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/200>. Acessado em 10 de agosto de 2013.

PITEIRA, M. AND HADDAD, S. R.. Innovate in your program computer class: an approach based on a serious game. In Proceedings of the 2011 Workshop on Open Source and Design of Communication (OSDOC '11). ACM, New York, NY, USA, 49-54, 2011.

PSOTKA, J. (2013). Educational games and virtual reality as disruptive technologies. Educational Technology & Society, April, 2013, Vol.16(2), p.69(12), 1436-4522.

SILVA, R. C.; LAMOUNIER, E.; CARDOSO, A. VIRTUAL SUBSTATION - Um sistema de realidade virtual para treinamento de operadores de subestações elétricas. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wrva/2011/0041.pdf>. Acessado dia 10 de agosto de 2013.

SOUZA, R. C. AND KIRNER, C. Desenvolvimento de um Laboratório Virtual de Eletromagnetismo. Disponível em: <http://sites.unisantabr/wrva/st/62200.pdf>. Acessado dia 10 outubro 2012.

STEINICKE, F.; BRUDER, G.; HINRICHS, K. E STEED, A. Presence-enhancing real walking user interface for first-person video games. Sandbox '09 Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games.

SUN MICROSYSTEMS INC., Java 3D Application Programming Interface (API), Disponível em <http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/java3d/>. Acesso em: 19 de junho de 2013.

TAWFIK, M. ; SANCRISTOBAL, E.; MARTIN, S.; GIL, R.; DIAZ, G.; COLMENAR, A. PEIRE, J.; CASTRO, M.; NILSSON, K.; ZACKRISSON, J.; HAKANSSON, L. ; GUSTAVSSON, I. "Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard," IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 6, no. 1, pp. 60-72, First Quarter, 2013

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. Fundamentos e Tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do Pré Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality, p. 1-15, 2006.

ZACHARIA, Z.C. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of

electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*. Volume 23, Issue 2, pages 120–132, April 2007.

ZORZAL, R. EZEQUIEL ; SILVA, LUCIANO FERREIRA ; OLIVEIRA, MONICA ; CARDOSO, A. . Aplicação de Jogos Educacionais com Realidade Aumentada. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 06, p. 01, 2008.

GLOSSÁRIO

Texturizar: consiste em mapear superfícies 3D em imagens 2D.

Renderização: é processamento realizado para se obter um imagem 2D derivada de um objeto tridimensional.

Game Engine: é um motor de jogos utilizado para o desenvolvimento de aplicações interativas.

Imagem Normal maps: simula uma superfície 3D detalhada através da modificação do sombreado da superfície.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

1. Foi fácil utilizar a ferramenta?
 Sim Não Parcialmente
2. A ferramenta pode contribuir para melhoria do aprendizado?
 Sim Não Parcialmente
3. O LAVECE será útil?
 Sim Não Parcialmente
4. É possível substituir a aula prática pela aula virtual?
 Sim Não Parcialmente
5. Você gostou da interatividade do software?
 Sim Não Parcialmente
6. Você encontrou algum erro no protótipo?
 Sim Não Parcialmente
7. O software atingiu as expectativas?
 Sim Não Parcialmente
8. Você conseguiu realizar a aula prática?
 Sim Não Parcialmente
9. O software possui uma interface intuitiva?
 Sim Não Parcialmente
10. Que você acha da idéia da continuação do trabalho?
 Sim Não Parcialmente
11. Você tem alguma sugestão de melhoria?

Resposta: