

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da
Geometria Molecular

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia por
JOSÉ AVELINO DOS SANTOS MOURA

Como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências no
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Edgard Afonso Lamounier Junior, PhD – Orientador

Alexandre Cardoso, Dr – Coorientador

UBERLÂNDIA, 2010

JOSÉ AVELINO DOS SANTOS MOURA

**A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da
Geometria Molecular**

Dissertação apresentada por José Avelino dos Santos Moura à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Faculdade de Engenharia Elétrica, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração

Realidade Virtual

Banca Examinadora:

Edgard A. Lamounier Junior, PhD – Orientador

Alexandre Cardoso, Dr – Coorientador

Keiji Yamanaka, Dr., UFU

Ismar Frango Silveira, Dr., Mackenzie-SP

Uberlândia, MG, Outubro de 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG - Brasil

- M929r Moura, José Avelino dos Santos, 1964-
 A realidade virtual como uma ferramenta para o ensino da geometria
 molecular [manuscrito] / José Avelino dos Santos Moura. - 2010.
 92 f. : il.
- Orientador: Edgard A. Lamounier Junior.
 Co-orientador: Alexandre Cardoso.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa
 de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
 Inclui bibliografia.
1. Realidade virtual - Teses. I. Lamounier Junior, Edgard A., 1964- II.
 Cardoso, Alexandre. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa
 de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 681.3:007.52

A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria
Molecular

José Avelino dos Santos Moura

**Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.**

Prof. Dr. Alexandre Cardoso
Coordenador de Pós-Graduação

Prof. PhD. Edgard A. Lamounier Junior
Orientador

Às minhas filhas Thalita e Maria Beatriz e principalmente minha amada esposa Regina de Freitas Gomes Moura.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me acompanhado durante toda a minha longa caminhada nesta vida.

Ao Professor Edgard A. Lamounier Junior pelas orientações, amizade e principalmente o grande incentivo aos seus alunos.

Ao Professor Alexandre Cardoso pelo apoio e contribuição durante todo este percurso.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica pela oportunidade de realização desta dissertação.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação pelos conhecimentos que nos proporcionaram durante toda a nossa formação.

À Secretaria do Curso de Pós-Graduação, em especial a Marli Junqueira e Cinara Mattos por toda a paciência e atenção dispensadas a todos os alunos.

Um agradecimento especial aos meus grandes amigos Luiz Antonio Mathias e Alexandre Sobrino que acompanharam todas as fases transcorridas até este momento final.

A minha esposa, minha mãe e irmã que sempre me incentivaram a continuar apesar das dificuldades que se afiguravam.

Ao meu cunhado que sempre me incentivou e acreditou no meu trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

RESUMO

MOURA, José Avelino dos Santos. A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular.

Palavras-Chave: Realidade Virtual, Química Orgânica, Geometria Molecular, Hidrocarbonetos

Hoje cada vez mais o acesso ao uso da Informática como apoio as ações e tarefas humanas é extremamente difundido nas escolas, nas residências, nas empresas e em outras diversas aplicações.

Especificamente, na Educação a utilização da Informática como ferramenta de apoio ao professor e aos alunos tem sido foco de muitos trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores dessa área.

Várias tecnologias podem ser utilizadas no processo educacional e destacamos nesta dissertação a Realidade Virtual como uma ferramenta capaz de apresentar aos alunos novas formas de conhecimento antes não exploradas pelo ambiente tradicional de uma sala de aula (lousa, giz, objetos sólidos).

A dissertação desenvolvida investigou técnicas de Realidade Virtual como ferramentas adicionais ao ensino da disciplina da Química Geral, especificamente a Geometria Molecular.

O entendimento por parte dos alunos da Química Orgânica exige uma grande dose de abstração, por apresentar um número significativo de regras para o surgimento de novas moléculas e a grande diversidade de compostos orgânicos existentes, propiciando um universo de possibilidades de arranjos moleculares a ser entendido e visualizado pelos estudantes.

Com isso a dissertação apresentada através do uso da Realidade Virtual pretende contribuir com a simulação especificamente das moléculas de Hidrocarbonetos em um ambiente virtual, enriquecendo a possibilidade de fixação do conhecimento teórico dos alunos, a partir da visualização de moléculas em sua representação tridimensional.

ABSTRACT

MOURA, José Avelino dos Santos. A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular.

Key-words: Virtual Reality, Organic Chemistry, Molecular Geometry, Hydrocarbons

Nowadays, even more, the access to the use of Informatics as a support to human actions and tasks is extremely spread in schools, homes, industry and several other applications.

Specifically in Education, the use of Informatics as a supporting tool to the teacher and students has been the focus of many research undertaken in this area.

Several technologies can be used in the educational process. In this dissertation special highlight is given to Virtual Reality, as a tool which is able to present to students new ways of exploring knowledge when compared to traditional approaches (black board, solid objects, chalk).

This dissertation presents Virtual Reality techniques as additional tools to the teaching of General Chemistry, specifically, molecular geometry.

In order to understand Organic Chemistry, a great level of abstraction is required by the students, since a large number of visualization alternatives is possible, when dealing with molecular geometry. These must be understood and visualized.

Thus, this dissertation intends to contribute by presenting a Virtual Reality based environment, where Hydrocarbon molecules can be visualized and explored in three dimensions, providing a better way to help students to learn this specific subject.

Lista de Publicações

A seguir são apresentadas as publicações no período de realização deste trabalho:

MOURA, J. A.; Lamounier, E.; Cardoso, A.; A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular. In: WRVA – 6º. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2009, Santos. A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular, 2009.

MOURA, J. A.; Cardoso, A.; A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular. In: Revista Ceciliana, ISSN 1517-6363, Nº 29, 2008.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Motivação	18
1.2. Objetivos e Metas	19
1.3. Realidade Virtual na Educação	20
1.4. Organização da Dissertação	21

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1. Introdução	22
2.2. Realidade Virtual	22
2.2.1. Classificações de Realidade Virtual.....	24
2.2.2. Sistemas de Realidade Virtual	25
2.2.3. Dispositivos de Realidade Virtual.....	26
2.3. Realidade Virtual na Educação	28
2.4. Geometria Molecular	30

CAPÍTULO 3

3. TRABALHOS RELACIONADOS	32
3.1. Introdução	32
3.2. MolSurf.....	32
3.3. OrbVis.....	34
3.4. Chemistry, Structures & 3D Molecules	36

3.5	A Realidade Virtual no Ensino da Química – O caso da Estrutura atômica.....	40
3.6	Considerações Finais	41

CAPÍTULO 4

4.	ARQUITETURA DO SOFTWARE	45
4.1.	Introdução	45
4.2.	Tecnologias Utilizadas.....	45
4.2.1.	Ambiente de Desenvolvimento	47
4.2.2.	Servidor HTTP.....	47
4.3.	Arquitetura do Sistema	48
4.4.	Considerações Finais	49

CAPÍTULO 5

5.	DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO	50
5.1.	Introdução	50
5.2	Detalhes de Implementação	50
5.3	Considerações Finais	56

CAPÍTULO 6

6.	RESULTADOS, LIMITAÇÕES E DISCUSSÃO	57
6.1.	Introdução	57
6.2	Avaliação do Software.....	57
5.3	Considerações Finais	65

CAPÍTULO 7

7.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	67
-----------	---	-----------

7.1. Introdução	67
7.2 Conclusões	67
7.3 Trabalhos Futuros	70
7.4 Considerações Finais	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXO A – GEOMETRIA MOLECULAR	75
ANEXO B – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO	88
ANEXO C – AUTORIZAÇÃO DOS PAIS	89
ANEXO D - QUESTIONÁRIO	90
ANEXO E – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA	91
ANEXO F – DECLARAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Trabalhos Relacionados: Características e Limitações.....	42
Tabela 6.1 – Finalidade da Utilização do Sistema.....	58
Tabela 6.2 – Interface	59
Tabela 6.3 – Facilidade de Uso	60
Tabela 6.4 – Recursos do Programa: A Experiência Proposta	61
Tabela 6.5 – Os objetos disponíveis	62
Tabela 6.6 – Visualização da relação da Geometria Molecular com a Química através da experiência	63
Tabela 6.7 – Utilização da Informática para contribuir com a aprendizagem.....	64
Tabela 6.8 – Hábito de utilizar a Informática nos estudos	65
Tabela 7.1 – Tabela comparativa das características dos sistemas estudados e do sistema proposto	69
Tabela A.1 – Número de Isômeros	80
Tabela A.2 – Nome de alcanos	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Dispositivos Convencionais	24
Figura 2.2 – Dispositivos Especiais	25
Figura 2.3 – Sistema de Realidade Virtual	26
Figura 2.4 – Luva de Dados	27
Figura 2.5 – Capacete	28
Figura 2.6 – Óculos	28
Figura 2.7 – Tetraedro	30
Figura 2.8 – Tetraedro (Sistema Proposto)	31
Figura 3.1 – Editor de Moléculas	32
Figura 3.2 – Troca de Estilos	33
Figura 3.3 – Troca de Estilos	33
Figura 3.4 – Primeira Etapa OrbVis	34
Figura 3.5 – Segunda Etapa OrbVis	35
Figura 3.6 – Moléculas do Mês	36
Figura 3.7 – Tabela Periódica	37
Figura 3.8 – Estruturas em que o elemento Ouro participa	37
Figura 3.9 – Tela para interagir com a Molécula	38
Figura 3.10 a – Tabela Periódica Tradicional	39
Figura 3.10 b – Tabela Periódica na forma de Galáxia	39
Figura 3.11 a – Visualização no Artoolkit	40
Figura 3.11 b – Visualização no Artoolkit	41
Figura 4.1 – Arquitetura do Sistema	48
Figura 4.2 – Diagrama de sequência	49

Figura 5.1 – Tela Inicial do Sistema	51
Figura 5.2 – Código XHTML – Tela Inicial do Sistema	51
Figura 5.3 – Número de Carbono Obrigatório	52
Figura 5.4 – Quantidade Inadequada de átomos de Hidrogênio	53
Figura 5.5 – Calcular as famílias dos Hidrocarbonetos	53
Figura 5.6 – Apresentação das famílias possíveis	54
Figura 5.7 – Características da família Alceno (C ₄ H ₈)	55
Figura 5.8 – PHP (Famílias Possíveis.XML.PHP).....	55
Figura 5.9 – Zoom da Molécula	56
Figura 6.1 – Gráfico: Utilização do Sistema	58
Figura 6.2 – Gráfico: Interface	59
Figura 6.3 – Gráfico: Facilidade de Uso	60
Figura 6.4 – Gráfico: A Experiência Proposta	61
Figura 6.5 – Gráfico: Objetos disponíveis.....	62
Figura 6.6 – Gráfico: Visualização da relação da Geometria Molecular com a Química	63
Figura 6.7 – Gráfico: Utilização da Informática como contribuição a aprendizagem ..	64
Figura 6.8 – Gráfico: Hábito de utilizar a Informática nos estudos	65
Figura A.1 – Tetraedro	76
Figura A.2 – Estruturas Planas	77
Figura A.3 – Modelo de Moléculas Tridimensionais.....	77
Figura A.4 – Divisão dos Hidrocarbonetos	78
Figura A.5 – Cadeias carbonadas ramificadas	80
Figura A.6 – Cadeia carbonada ramificada	82
Figura A.7 – Cadeia carbonada ramificada	83

Figura A.8 – Cadeias Fechadas	84
Figura A.9 – Cadeia Fechada	85
Figura A.10 – Estrutura do Benzeno	86

LISTA DE ABREVIATURAS

AJAX – Asynchronous JavaScript and XML

AV – Ambiente Virtual

AVM2 – ActionScript Virtual Machine

ARToolKit – Augmented Reality Tool Kit

ASP – Active Server Pages

CSS – Cascading Style Sheet

FTP – File Transfer Protocol

HMD – Head-Mounted Display

HTTP – Hypertext Transfer Protocol

IIS – Internet Information Server

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PHP – Hipertext Preprocesor.

RA – Realidade Aumentada

RV – Realidade Virtual

SWF – Shockwave Flash

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba

VRML – Virtual Reality Modeling Language

XHTML – EXtensible Hyper Text Markup Language

XML – Extensible Markup Language

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Motivação

A construção do conhecimento em Química Orgânica, por parte dos alunos, tanto no Ensino Médio como na Universidade, necessita de uma grande dose de abstração, principalmente, por existir um número significativo de regras para o surgimento de novas moléculas e pela enorme quantidade de compostos orgânicos existentes. Isto aumenta significativamente o universo de possibilidades de arranjos moleculares a serem entendidos pelos alunos.

Além disso, a organização tridimensional dos átomos e moléculas de compostos orgânicos é muito importante, uma vez que implica nas propriedades químicas das substâncias. Porém, as ferramentas tradicionais do ensino da Química Orgânica como: lousa, livros, etc, ou mesmo através de ambientes computacionais de visualização bidimensionais, apresentam limitações para o aprendizado, referente à percepção visual da tridimensionalidade dos objetos de estudo.

Essa aparente dificuldade em fazer com que os alunos consigam visualizar e assimilar os elementos químicos possíveis, em particular, a partir da associação do Carbono é a principal motivação para a criação de um ambiente tridimensional que possibilite esse aprendizado de forma mais consistente, natural e intuitiva.

A utilização da Realidade Virtual como uma ferramenta de apoio ao ensino tem apresentado significativos resultados na melhora do aprendizado (Pinho, 2002). Portanto, acredita-se que para o ensino da Geometria Molecular pode-se conduzir o aluno a interagir, em tempo real, com estruturas moleculares numa metáfora de aprendizado do tipo “aprender fazendo”.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 2000) comentam a importância do uso do computador no ensino e aprendizado nos dias de hoje e como esses recursos tecnológicos podem ser um meio ágil de comunicação entre o professor e os alunos, possibilitando, por exemplo, a troca de informações na resolução de exercícios ou discussão de um problema.

1.2. Objetivos e Metas

O objetivo deste trabalho é investigar como técnicas de Realidade Virtual podem ser exploradas como uma ferramenta adicional ao ensino da disciplina da Química Geral, especificamente a Geometria Molecular, ministrada normalmente no primeiro ano do Ensino Médio.

Esse objetivo surgiu a partir de uma conversa com os professores do Ensino Médio, que externaram claramente a dificuldade dos alunos em visualizar os elementos químicos, principalmente aqueles de apresentação tridimensional.

Com a dificuldade identificada pelos professores, o projeto de pesquisa apresentado nesta dissertação surgiu com o intuito de facilitar a simulação do mundo real em um ambiente virtual, enriquecendo assim a possibilidade de fixação do conhecimento teórico dos alunos, a partir da visualização de moléculas em sua representação tridimensional.

Para que esse objetivo pudesse ser atingido, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Entrevistar os professores de Química a fim de aprofundar o conhecimento sobre as principais dificuldades apresentadas pelos alunos;
- Investigar a existência de software na área da Química Orgânica, destacando suas vantagens e desvantagens;
- Projetar e desenvolver um protótipo de ambiente virtual que auxilie professores no ensino da Geometria Molecular;
- Apresentar o projeto ao Comitê de Ética a fim de receber o parecer para testar o sistema em uma aula de Química;

- Utilizar o protótipo com um grupo de alunos do Ensino Médio, visando observar o comportamento dos mesmos em relação ao ambiente de aprendizagem;
- Analisar o desempenho das técnicas propostas e sua contribuição para o ensino da Geometria Molecular.

1.3. Realidade Virtual na Educação

A utilização da Realidade Virtual na Educação tem crescido ao longo dos anos, pois seu potencial propicia uma educação como processo de exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, oferecendo ao aprendiz a oportunidade de melhor compreensão do objeto de estudo (Cardoso et al, 2007).

Foi observado por Pausch et al (1997) que usuários de Realidade Virtual são muito melhores nas buscas sistemáticas da informação porque têm lembranças melhores daquilo que olharam na cena que os envolve (Kirner, 2006).

Cardoso et al (2007) comenta que pesquisadores apontam como principais vantagens da utilização de técnicas de Realidade Virtual para fins educacionais os seguintes itens:

- Motivação de estudantes e usuários de forma geral, baseada na experiência de 1ª pessoa vivenciada pelos mesmos;
- Grande poderio de ilustrar características e processos em relação a outros meios multimídia;
- Permite visualização de detalhes de objetos;
- Permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;
- Permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica.

1.4. Organização da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos, começando com a Introdução no Capítulo 1, onde é abordada a motivação deste trabalho, seus objetivos e metas.

No Capítulo 2 é apresentado um relato sobre Realidade Virtual como uma ferramenta adicional para a Educação em geral e no ensino específico da Química Orgânica.

O Capítulo 3 apresenta o resultado de uma pesquisa sobre algumas aplicações já existentes da Realidade Virtual na Química, buscando identificar um referencial sobre os trabalhos relacionados ao assunto. Esse capítulo demonstra como as pesquisas nessa área já evoluíram, possibilitando um panorama comparativo sobre o uso da Realidade Virtual na Educação, principalmente na área escolhida que é a Química.

O Capítulo 4 descreve a arquitetura e funcionalidade do sistema a ser desenvolvido, bem como as ferramentas a serem utilizadas em sua implementação.

O Capítulo 5 apresenta os detalhes da implementação do sistema e aspectos de sua usabilidade.

No Capítulo 6 são discutidos os resultados obtidos e as limitações observadas no sistema desenvolvido.

Finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões finais e as possibilidades de trabalhos futuros, a partir das idéias inicialmente aqui desenvolvidas.

Capítulo 2

2. Fundamentação Teórica

2.1. Introdução

Como foi mencionado anteriormente, a presente dissertação irá discorrer sobre uma aplicação da Realidade Virtual no estudo da Geometria Molecular.

Para o desenvolvimento do tema com mais precisão se faz necessário um resgate dos conceitos teóricos que são importantes para que os principais objetivos propostos sejam alcançados.

Esse resgate se inicia com uma explanação sobre a Realidade Virtual, focando sobre as classificações da Realidade Virtual (Imersiva e Não-imersiva), os sistemas de RV e seus principais dispositivos. Outro ponto importante discutido neste trabalho é a Realidade Virtual na Educação.

Em seguida, serão apresentados conceitos sobre a Química Orgânica, mais especificamente sobre a Geometria Molecular dos Hidrocarbonetos, onde será apresentada a classificação das famílias dos Hidrocarbonetos e as regras para o surgimento das moléculas com ligações simples, duplas ou triplas.

Esse resgate teórico tem a função de introduzir os assuntos que serão explorados durante o texto e contribuir para o desenvolvimento do sistema proposto.

2.2. Realidade Virtual

A Realidade Virtual, também chamada de RV pela comunidade científica brasileira, é uma área da computação que possibilita a interface do computador com o usuário, podendo este interagir dentro do ambiente artificial de maneira mais intuitiva e natural (Cardoso et al, 2007).

Segundo Kirner et al (2006), Realidade Virtual é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou feedback.

Um dos pontos importantes dessa interface é a interação do usuário com o ambiente virtual, onde o computador tem a capacidade de detectar as ações do usuário e responder em tempo real.

Desta forma, o usuário quando imerso em um ambiente virtual pode experimentar sensações mais realísticas. Para que isto ocorra, o tempo de resposta tem um limite para que o usuário não sofra um desconforto, que está em torno de 100 milissegundos, tanto para visão, quanto para as reações de tato, força e audição e deve gerar mais de 10 quadros por segundo na renderização das imagens (Kirner, 2004).

As imagens são a forma de comunicação mais rápida e efetiva com o cérebro humano ampliando dessa forma a importância da Realidade Virtual na aquisição e retenção dessas informações através do uso de equipamentos especiais (Kirner et al, 2006).

Com isso a Realidade Virtual pode possibilitar esse armazenamento e propiciar ao usuário explorar o ambiente virtual de acordo com o seu interesse. O universo de facilidades proporcionado pela Realidade Virtual possibilita a aplicação da mesma em diversas áreas com características bem distintas.

Com o avanço das pesquisas, a Realidade Virtual tem sido muito explorada por empresas, que a utilizam para treinamentos que envolvam a manipulação virtual de equipamentos possibilitando que os funcionários que estão sendo treinados possam repetir os testes infinitas vezes sem correr o risco de danificar as máquinas verdadeiras (Cardoso e Lamounier, 2004)

Outra área que podemos destacar é a arquitetura que tem recebido uma grande contribuição da Realidade Virtual, permitindo aos arquitetos explorar o ambiente virtual para criar detalhes da construção, passeando entre móveis e ambientes em conjunto com os maiores interessados que são os clientes (Kirner et al, 2006).

Na área da Medicina e saúde a Realidade Virtual tem evoluído bastante, auxiliando no ensino da anatomia, simulação cirúrgica, terapia virtual, etc. (Kirner et al, 2006).

A Realidade Virtual também vem sendo empregada na Educação, tanto no Ensino Básico e Superior, onde o aluno pode aprender assuntos de História, Matemática, Química, etc, (Kirner et al, 2006).

2.2.1. Classificações da Realidade Virtual

A Realidade Virtual pode ser classificada de acordo com a forma que o usuário irá interagir com o ambiente virtual e os tipos de dispositivos utilizados por ele. Sendo assim, a RV é classificada em **Realidade Virtual Imersiva** e **Realidade Virtual Não-Imersiva**. (Cardoso et al, 2007).

Quando o usuário participa do ambiente virtual sem se isolar totalmente do mundo real, classificamos este tipo de Realidade Virtual de **Não-Imersiva**. Este tipo de sistema é economicamente mais viável e de utilização mais simples, pois utiliza dispositivos convencionais (monitor, teclado e mouse), Figura 2-1.



Figura 2-1: Dispositivos convencionais. (<http://images.google.com.br/images>).

A Realidade Virtual é dita **Imersiva** quando o usuário está parcialmente isolado do mundo real através de dispositivos especiais, que tem a função de bloquear os sentidos do usuário (visão, audição, tato, etc.), proporcionando a sensação de imersão, envolvimento e interação dentro do mundo virtual (Cardoso et al, 2007). Figura 2-2.



capacete e luva



óculos



luva

Figura 2-2: Dispositivos especiais. (<http://images.google.com.br/images>)

Embora a Realidade Virtual com o uso de capacetes (HMD, Head-Mounted Display) tenha evoluído, a RV com monitor apresenta ainda assim alguns pontos positivos como: utilizar plenamente todas as vantagens da evolução da indústria de computadores; evitar as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso de capacete; e facilidade de uso.

Os equipamentos especiais que têm o objetivo de estimular os sentidos (visual, auditivo e tátil) do usuário no mundo virtual são: o capacete de RV, luva de dados, rastreadores e fones de ouvido (Cardoso et al, 2007).

A utilização dos capacetes apesar de ser bastante difundida contribuindo principalmente com a sensação de realismo, tem um inconveniente que alguns usuários não se sentem confortáveis com o uso deste dispositivo.

2.2.2. Sistemas de Realidade Virtual

Kirner et al (2006), comenta que para analisar um sistema de Realidade Virtual devem-se considerar quatro elementos:

a) O *ambiente virtual* deverá conter objetos virtuais classificados como estáticos ou dinâmicos, dependendo da capacidade de movimentação de cada um deles. Às vezes o ambiente virtual pode ser utilizado para avaliar alguma simulação física, como por exemplo, reações químicas que utilizam esferas coloridas para representar as moléculas.

b) O *ambiente computacional* irá controlar o tempo de resposta para que o usuário não sofra um desconforto (100 ms de atraso e 10 quadros por segundo na renderização das imagens).

Este sistema é dividido em hardware e software. O hardware contém os dispositivos de entrada, displays multisensoriais, processadores e redes. O software inclui controladores de simulação/animação, ferramentas de autoria, banco de dados de objetos virtuais, funções de interação e interfaces de entrada e saída.

c) A *tecnologia de Realidade Virtual* engloba todos os dispositivos que o usuário irá utilizar no ambiente virtual: capacetes, luvas, fones de ouvido, navegadores 3D, dispositivos de reação que envolvam a área de atuação do tato e força.

d) As *formas de interação* podem ocorrer tanto no ambiente Imersivo como no Não-imersivo, podendo ser individuais ou em grupo. O usuário pode ser apenas o observador ou participar ativamente do ambiente virtual. O que influencia positivamente a interação do usuário com o ambiente virtual é a escolha correta dos recursos de hardware e software utilizados.

2.2.3 Dispositivos de Realidade Virtual

Para que um sistema de RV funcione em condições adequadas e suficientes, são necessários dispositivos de entrada e saída de dados, como elementos chave de um sistema de Realidade Virtual (Machado, L. e Cardoso, A., 2004), Figura 2-3.

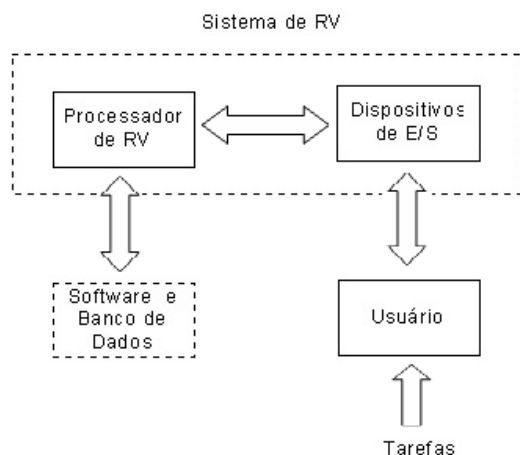


Figura 2-3: Sistema de Realidade Virtual (Machado, L. e Cardoso, A. 2004)

Através dos dispositivos de entrada de dados o usuário pode interagir e se movimentar no ambiente virtual. Existem vários dispositivos de entrada de dados, dependendo da necessidade do sistema e software utilizado, como por exemplo: luva de dados, mouse, joystick, teclado, sensores de entrada biológica.

Um dispositivo bastante utilizado é a luva de dados (data glove). Esse dispositivo captura os movimentos dos dedos da mão do usuário através de sensores mecânicos ou fibra ótica e transmite estes movimentos ao computador, Figura 2-4

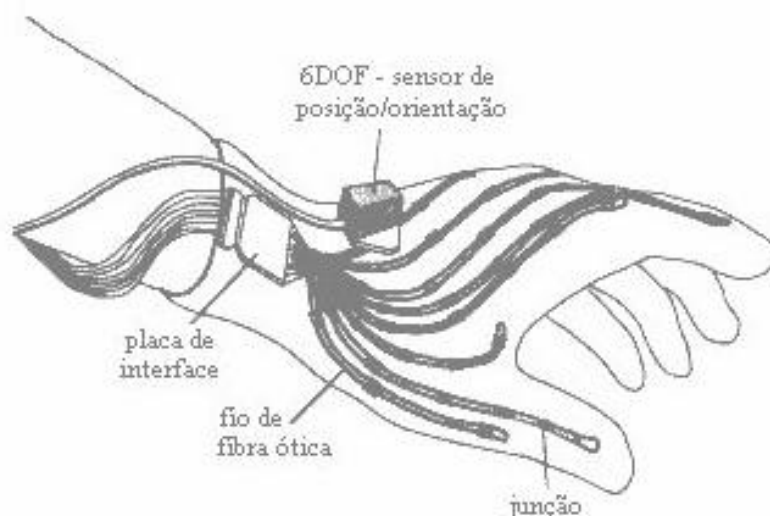


Figura 2-4: Luva de dados (Kirner et al, 2006).

Os sensores de entrada biológicos, citados por Machado (2002), através de comandos de voz e sinais elétricos musculares processam atividades denominadas indiretas. O comando de voz pode auxiliar na execução de tarefas no ambiente virtual, principalmente quando as mãos estiverem ocupadas. Os sinais elétricos musculares permitem o usuário movimentar-se no ambiente virtual pelo simples movimentar dos olhos, através de eletrodos colocados sobre a sua pele para detectar a atividade muscular.

Os dispositivos de saída são representados por óculos, capacetes (HMDs), monitores, telas de projeção e caixas de som. Através destes dispositivos o usuário irá receber as informações do ambiente virtual.

O HMD (Figura 2-5) é o dispositivo que permite a imersão do usuário no ambiente virtual e apesar dos avanços tecnológicos, os capacetes ainda apresentam algum incomodo ergonômico, devido ao peso e necessidade de ajuste (Kirner, 2006).

Pelo motivo citado anteriormente, os óculos (Figura 2-6) e monitores levam uma vantagem na escolha da sua utilização sobre o HMD, por serem mais confortáveis e também por apresentarem um custo inferior.



Figura 2-5: Capacete (<http://images.google.com.br/images>)



Figura 2-6: Óculos (<http://images.google.com.br/images>)

2.3. Realidade Virtual na Educação

Com o objetivo de ministrar uma aula com qualidade, pode-se e deve-se utilizar ferramentas de apoio à mesma. O computador é uma dessas ferramentas que tem auxiliado muito o professor em sala de aula e fora dela. O computador proporciona alguns recursos didáticos, como já tem sido demonstrado pelo uso da Realidade Virtual.

A Realidade Virtual ajuda a aumentar a capacidade de retenção e compreensão do usuário através da interação da comunicação, comprovado por Pinho (1998) e Borges et al. (2002), que constatam que o aluno manipulando e analisando as experiências, não somente no ato da explicação do professor, mas também na aprendizagem autônoma, consegue assimilar mais facilmente o conteúdo.

Além disso, a RV tem o potencial de colaborar no processo cognitivo do aprendiz, proporcionando não apenas a teoria, mas também a experimentação prática do conteúdo em questão (Cardoso, 2007). Sendo assim acredita-se que a RV pode ser de grande utilização em diversas áreas da Educação. Especificamente este trabalho estuda a aplicação da Realidade Virtual no ensino da Geometria Molecular.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), do Ensino Médio parte III (2000), comentam na parte da Química, que o uso do computador na Educação é particularmente importante nos dias atuais e hoje os recursos tecnológicos podem ser usados pelo professor ou pelo aluno para a criação de seus próprios materiais (simulação de experimentos, representação de modelos de moléculas). A utilização de sistemas computacionais é também um meio ágil de comunicação entre o professor e os alunos, possibilitando, por exemplo, a troca de informações na resolução de exercícios ou discussão de um problema.

Também nos PCNs, parte II (2000), estão descritas as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Informática:

- Construir, mediante experiências práticas, protótipos de sistemas automatizados em diferentes áreas, ligadas à realidade do estudante, utilizando-se para isso, de conhecimentos interdisciplinares.
- Reconhecer a Informática como uma ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento nas diversas áreas.

O estudante não deve ser visto apenas como que usa a informática enquanto instrumento de aprendizagem, mas também como aquele que conhece os equipamentos, programas e conceitos que lhe permitam a integração ao trabalho e o desenvolvimento individual e interpessoal.

2.4. Geometria Molecular

A Química é classificada em Inorgânica e Orgânica. A Química Inorgânica estuda os compostos extraídos dos minerais e a Química Orgânica estuda praticamente todos os compostos do elemento carbono.

Os compostos orgânicos são formados principalmente por quatro elementos: **carbono (C)**, cuja presença é obrigatória, **hidrogênio (H)**, **oxigênio (O)** e **nitrogênio (N)**. (Fonseca, M. R., 2001).

O objetivo desta dissertação é estudar somente os Hidrocarbonetos (carbono e hidrogênio). A Química Orgânica começou a se desenvolver muito rapidamente obtendo-se novas substâncias, e para explicar as propriedades dessas substâncias, o carbono deveria apresentar uma estrutura espacial. Foi então que Van't Hoff e Lê Bel criaram em 1874 (Salvador e Usberco, 2000), um modelo espacial para o carbono, onde os seus átomos são representados por tetraedros regulares, sendo que o carbono ocupa o centro do tetraedro e suas quatro valências correspondem aos quatro vértices (Figura 2-7).

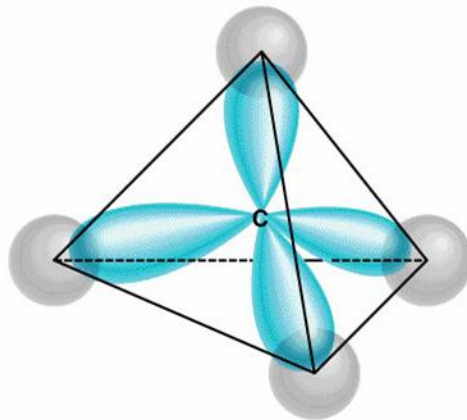


Figura 2-7. Tetraedro (Salvador e Usberco, 2000).

Existindo certa dificuldade dos alunos em visualizar estes elementos químicos só com os recursos das ferramentas tradicionais (lousa, giz, livros, etc.), este mesmo elemento pode ser apresentado através do sistema proposto (Figura 2-8), explorando os recursos de imersão e visualização providos pela Realidade Virtual.

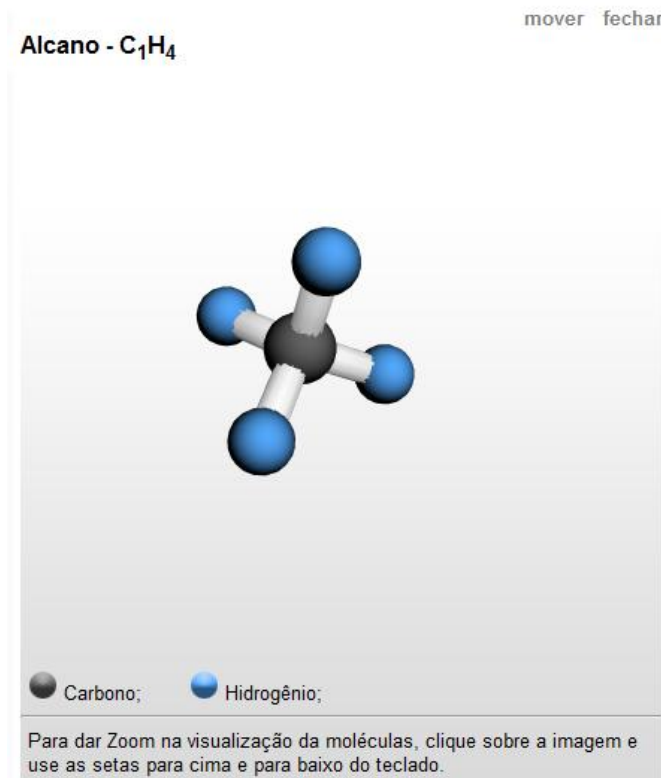


Figura 2-8. Tetraedro (Sistema Proposto).

Este é modelo espacial do tetraedro, sendo fácil de observar que o carbono ocupa o centro do tetraedro e os quatro hidrogênios ficam ao redor do carbono.

Capítulo 3

3. Trabalhos Relacionados

3.1. Introdução

A seguir, serão apresentados e analisados alguns trabalhos relacionados à pesquisa em questão que se utilizam da Realidade Virtual para auxiliar no ensino da Química.

Esta análise tem como objetivo apresentar a relevância e a contribuição dessa dissertação como uma forma de apoiar o ensino da Química (Geometria Molecular).

3.2. MolSurf

O MolSurf é um serviço online, que utiliza Java e VRML (Linguagem de Modelagem em Realidade Virtual). O usuário pode desenhar uma estrutura química através do **EMJ Molecular Editor**, Figura 3-1.



Figura 3-1: Editor de moléculas. (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/molsurf/>)

Após desenhar a estrutura da molécula, o usuário irá pressionar o botão **Get Smiles** com a intenção de transferir a molécula criada para a tela principal. Caso esta molécula exista na sua biblioteca ela irá aparecer e dentro da cena VRML será possível escolher estilos para a visualização da estrutura química clicando no botão azul (**change style**), Figura 3-2 e Figura 3-3.

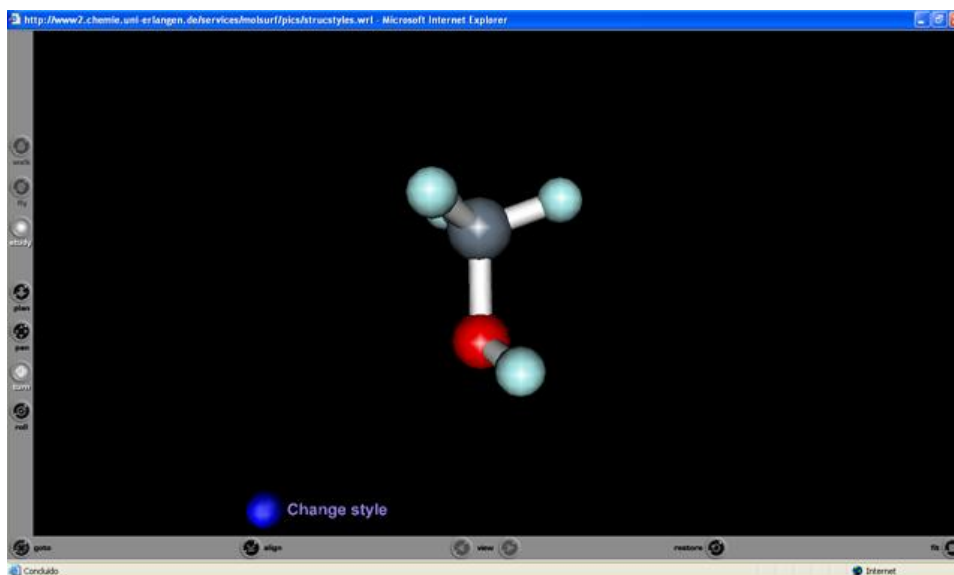


Figura 3-2. Troca de estilos. (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/molsurf/>)

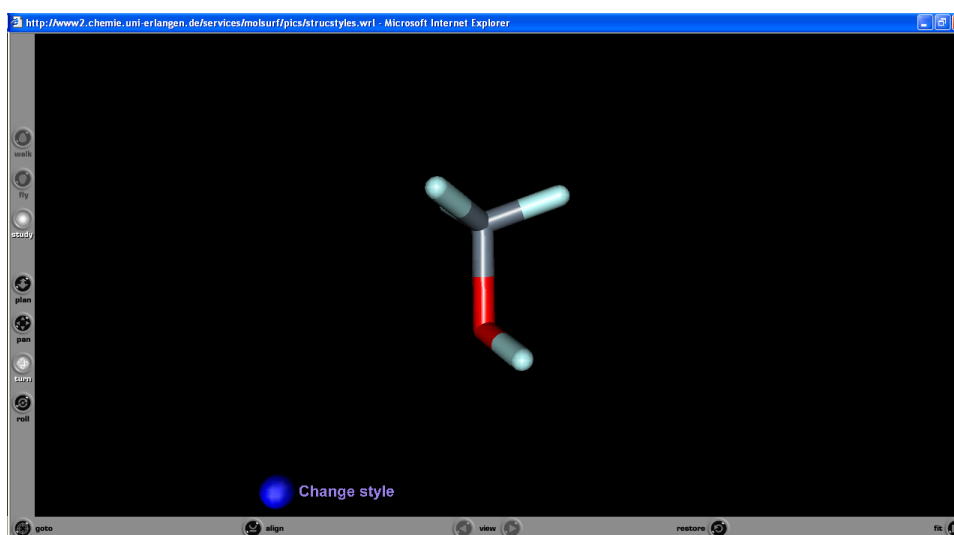


Figura 3-3. Troca de estilos. (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/molsurf/>)

Requisitos do Sistema: VRML97 plugin, versão 2,0.

Site: <http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/molsurf/>

3.3. OrbVis

O OrbVis também é um serviço online para o cálculo e visualização de orbitais moleculares. O serviço visualiza todos os orbitais moleculares que o usuário criar, desde que esta estrutura exista.

Existem duas etapas neste procedimento. Após o cálculo da órbita dos vetores a primeira etapa mostra os seis níveis de energia na vizinhança do HOMO ("Highest Occupied Molecular Orbital" – orbital molecular ocupado de mais alta energia) e do LUMO ("Lowest Unoccupied Molecular Orbital" – orbital molecular ocupado de menor energia), Figura 3-4.

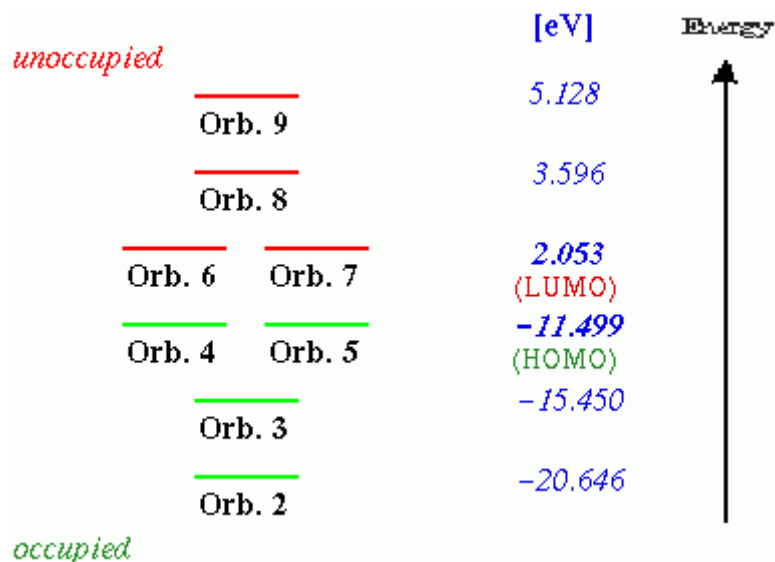


Figura 3-4. Primeira etapa. (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/orbvis/>)

A segunda etapa apresenta a molécula em 3D. Ela utiliza uma combinação de VRML2.0 e JAVA1.1 com algumas opções para visualizar e controlar a molécula, Figura 3-5.

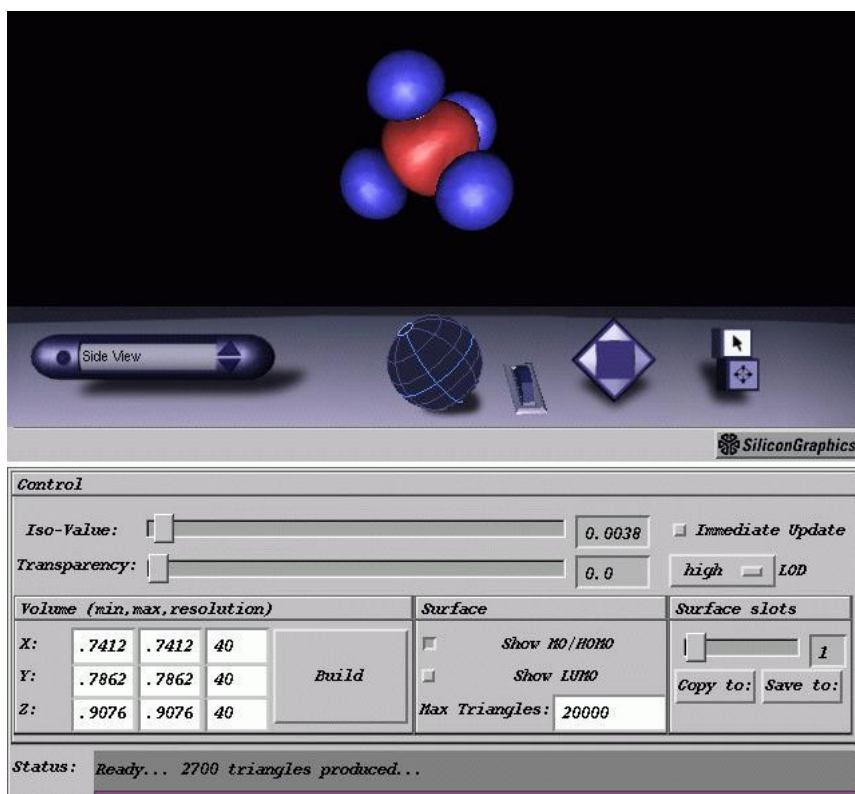


Figura 3-5. Segunda etapa. (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/orbvis/>)

Requisitos do Sistema: VRML97 plugin, versão 2,0.

Site: <http://www2.chemie.uni-erlangen.de/services/orbvis/>

Além do MolSurf e OrbVis existem no site (<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/ChemVis/projects>) outros projetos semelhantes que trabalham com a criação e visualização das moléculas, utilizando VRML e JAVA.

Alguns aspectos negativos desses projetos:

- Versões desatualizadas;
- Não informam o motivo quando a molécula não é criada;
- Quando essas ferramentas criam a molécula, pode ser que esta molécula não exista, sendo então uma estrutura sem sentido;
- Na possibilidade de existência da molécula criada, às vezes a mesma pode ter a distribuição errada na sua estrutura como, por exemplo, o hidrogênio sendo o centro de alguma estrutura e não o carbono.

Estas falhas conceituais podem induzir o aluno a erros em uma situação de aprendizagem autônoma.

3.4. Chemistry, Structures & 3D Molecules

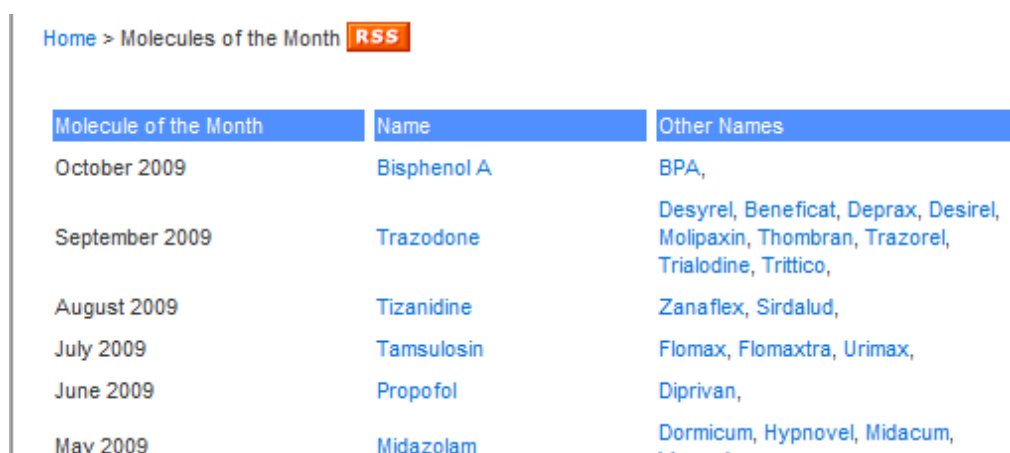
Este projeto é um serviço online, onde apresenta o mundo da Química em várias imagens interativas. Ele fornece informações básicas dos produtos químicos, como as estruturas de pequenas moléculas em 3D.

Este site (<http://www.3dchem.com/table.asp>) utiliza Jmol, tecnologia Java, para visualizar os modelos 3D. O site é mantido pelo Dr. Karl Harrison e tem sido atualizado regularmente.

No topo da página principal existem algumas opções para o usuário escolher:

- Moléculas do mês;

Esta página apresenta três colunas: a primeira mostra a data de criação da molécula, a segunda o nome da molécula e a terceira, outros nomes pelos quais ela pode ser conhecida, Figura 3-6.



Home > Molecules of the Month RSS		
Molecule of the Month	Name	Other Names
October 2009	Bisphenol A	BPA,
September 2009	Trazodone	Desyrel, Beneficat, Deprax, Desirel, Molipaxin, Thombran, Trazorel, Trialodine, Trittico,
August 2009	Tizanidine	Zanaflex, Sirdalud,
July 2009	Tamsulosin	Flomax, Flomaxtra, Urimax,
June 2009	Propofol	Diprivan,
May 2009	Midazolam	Dormicum, Hypnovel, Midacum,

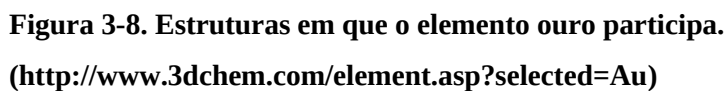
Figura 3-6. Moléculas do mês. (<http://www.3dchem.com/table.asp>)

- Primeiro aparece uma tabela periódica onde o usuário pode escolher o elemento químico clicando sobre ele, Figura 3-7.

Figura 3-7. Tabela periódica. (<http://www.3dchem.com/table.asp>)

[Home](#) > [Library of Inorganic Structures](#) > [Au](#)

Click on the small images to view large colourful views and access interactive Jmol versions.



Neste momento o usuário pode escolher qualquer uma destas estruturas. A estrutura selecionada aparecerá em outra tela para que possa interagir com esta molécula em 3D. Figura 3-9.

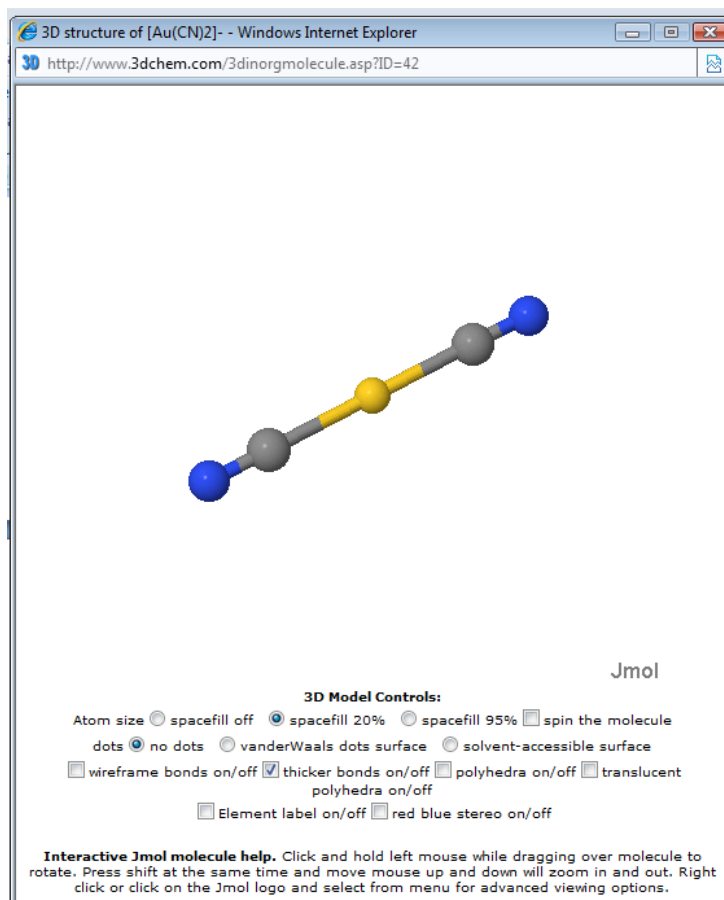


Figura 3-9. Tela para interagir com a molécula.
(<http://www.3dchem.com/3dinorgmolecule.asp?ID=42>)

- Tabela periódica em 3D;

Nesta cena aparecerão dois tipos de tabelas periódicas: A primeira mostra uma tabela comum dos elementos (Figura 3-10a), onde os elementos estão dispostos na ordem de massa de seus átomos. A segunda (Figura 3-10b) mostra os elementos dispostos em uma galáxia espiral apresentada pelo professor Philip Stewart da Universidade de Oxford.

Após, escolher uma das tabelas o usuário poderá interagir com a tabela escolhida, apenas observando-a por vários ângulos.

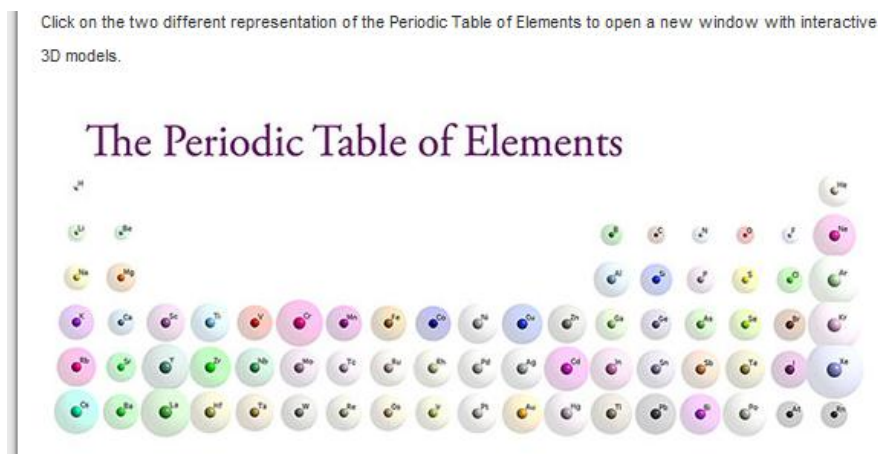


Figura 3-10a. Tabela Periódica tradicional. (<http://www.3dchem.com/elements.asp>)

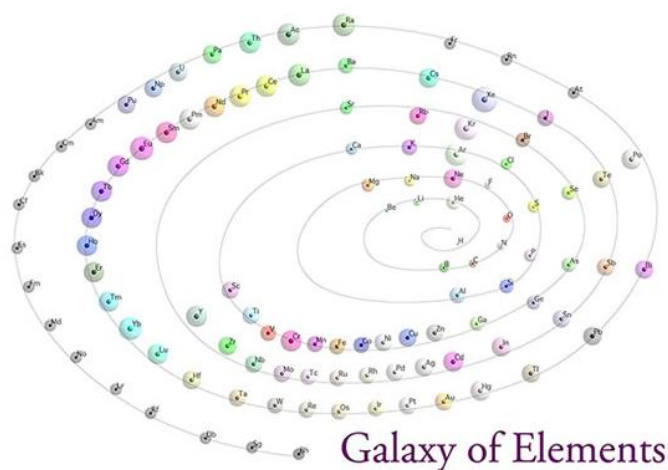


Figura 3-10b. Tabela Periódica na forma de Galáxia.
(<http://www.3dchem.com/elements.asp>)

O projeto ***Chemistry, Structures & 3D Molecules*** apresenta várias informações sobre as estruturas de moléculas, produtos químicos, mas nem todos estes elementos apresentados na biblioteca realmente podem interagir em 3D. Na tabela periódica, Figura 3-7, apenas os elementos que estão na cor azul fornecem uma lista de estruturas. Mesmo assim quando escolhemos o hidrogênio, apesar dele estar na cor azul, o programa não monta nenhuma estrutura.

3.5. A Realidade Virtual no Ensino de Química – O caso da estrutura atômica.

Este projeto foi desenvolvido por João Erick da Silva orientado por James Rogado, da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), apresentado no XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) em 2008.

O projeto desenvolve alguns conceitos de estrutura atômica baseado no ambiente de Realidade Virtual – Browser (WEB3D) e Realidade Aumentada (Artoolkit). Os principais softwares utilizados no projeto são 3Ds Max, Artoolkit, Blender, Flux Studio, e plug-in Cortona. Site: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008>.

Através do Artoolkit o aluno visualiza as simulações das partículas que estão em constante movimento e as colisões entre as partículas, Figura 3-11a e Figura 3-11b.

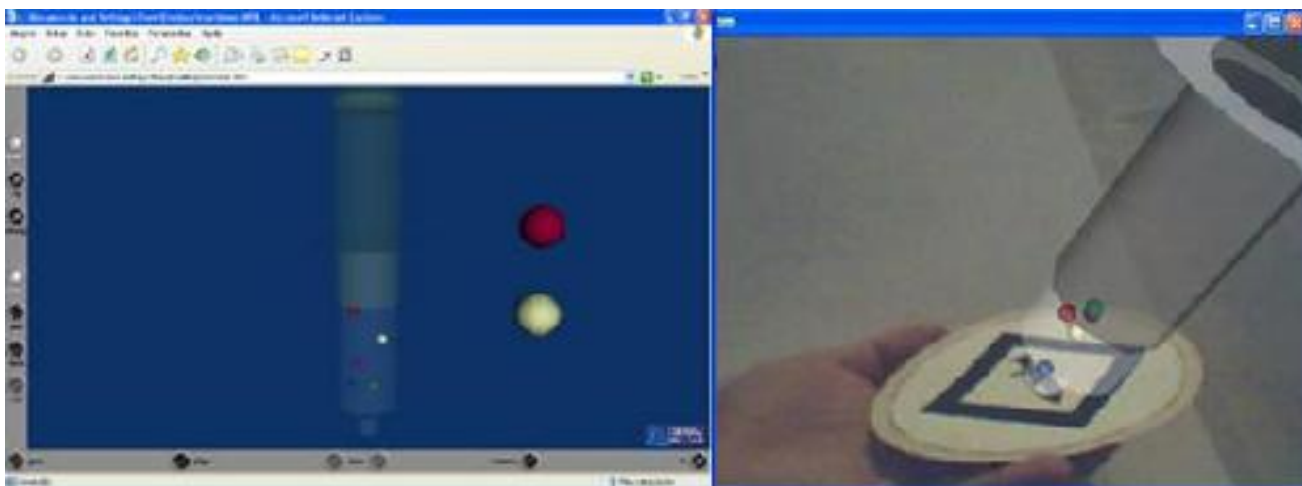


Figura 3-11a. Visualização no Artoolkit.

(<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0231-1.pdf>)

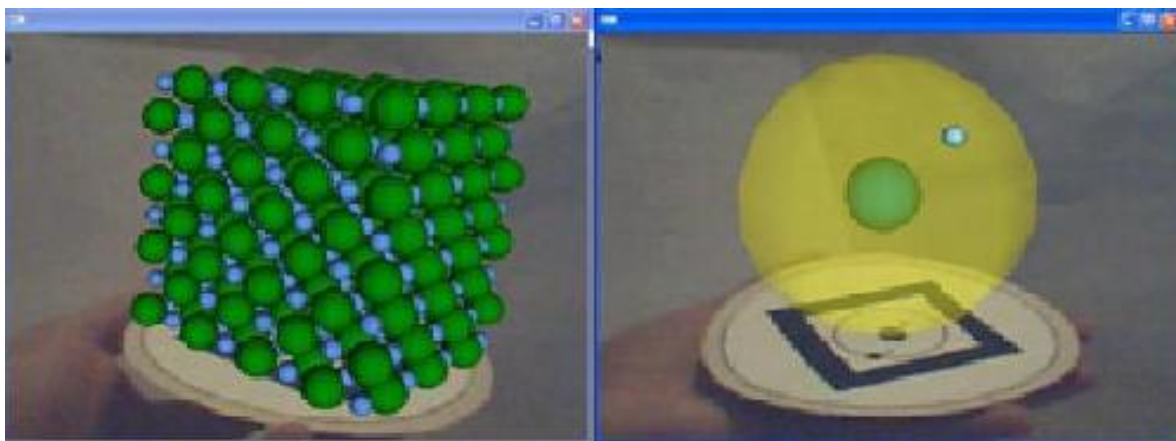


Figura 3-11b. Visualização no Artoolkit.

(<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0231-1.pdf>)

3.6. Considerações Finais

Como foi mencionado no início deste capítulo, os trabalhos relacionados e analisados têm por objetivo auxiliar de alguma forma o ensino e a compreensão da Química através da Realidade Virtual.

O projeto *MolSurf* dá a liberdade para o usuário desenhar qualquer estrutura, podendo ocorrer que esta estrutura não exista, não informando qual o erro que o usuário cometeu. Existindo a estrutura, talvez não apresente a molécula pelo simples motivo dela não existir na sua biblioteca.

No projeto *OrbVis* para criar a molécula o usuário começa com a montagem dos níveis de energia para depois apresentar a molécula na próxima tela. O problema é o mesmo apresentado no *MolSurf*, quanto à existência da estrutura. Ambos não explicam porque uma estrutura montada não existe e se a molécula escolhida faz parte da sua biblioteca. Nos dois projetos quando a molécula aparece na próxima tela, o usuário pode interagir com as moléculas e observá-las por vários ângulos. No *Molsurf* são visualizados os tipos de estilos e no *OrbVis* os níveis de energia.

O projeto *Chemistry, Structures & 3D Molecules* é mais rico em informações sobre os elementos químicos e em quais estruturas os mesmos estão inseridos. Sua biblioteca apresenta uma quantidade maior de moléculas montadas, com mais informações sobre as mesmas. O programa também possibilita a interação com as

moléculas escolhidas em outra tela que apresenta algumas opções como por exemplo observar alguns estilos da estrutura da molécula escolhida, com rotação individual ou com a intervenção do usuário através do mouse e visualizá-la com o óculos stereo.

O projeto *Aplicação da Realidade Virtual na Educação Química* é o trabalho que está mais envolvido e preocupado com o ensino da Química para o usuário final. Este projeto com o auxílio da Realidade Virtual e Realidade Aumentada permite ao aluno desenvolver simulações de alguns conceitos de estrutura atômica em 3D (Silva J, 2008).

A Tabela 3-1 abaixo tem o objetivo de apresentar um resumo dos projetos analisados, suas características e limitações.

Tabela 3-1: Trabalhos relacionados: características e limitações.

Projetos Características	MolSurf	OrbVis	Chemistry, Structures & 3D Molecules	Aplicação da Realidade Virtual na Educação Química – O caso do ensino de estrutura atômica
Opção de criar moléculas	✓	✓	X	X
Tratamento de erro	X	X	X	X
Visualizar a molécula em 3D	✓	✓	✓	✓
Manipular a molécula	✓	✓	✓	X
Acesso a Internet através de qualquer navegador.	✓	✓	✓	X

As células preenchidas com “✓” representam as características encontradas nos trabalhos relacionados estudados e as células preenchidas com “X” representam características não encontradas.

A primeira característica “Opção de criar moléculas” verifica se o programa apresenta esta opção.

A próxima característica “Tratamento de erro” verifica se quando o usuário comete qualquer erro, esse recebe alguma informação do programa estudado.

Na característica “Visualizar a molécula em 3D” verifica-se se todos os programas apresentam as moléculas criadas em 3D.

A quarta característica “Manipular a molécula” demonstra quais são os programas que permitem algum tipo de movimentação com as moléculas já criadas.

A próxima característica “Acesso a Internet através de qualquer navegador” verifica se o usuário pode navegar na Internet através do navegador que o usuário desejar.

Nos três primeiros projetos mencionados neste capítulo o ideal é que o usuário já tenha conhecimento sobre as regras da Química para que possa interagir com os projetos.

Todos os projetos trabalham com a Química Orgânica e Química Inorgânica, talvez este seja o motivo dos projetos apresentarem as moléculas já montadas em suas bibliotecas.

Avaliando a Tabela 3-1 verificamos que alguns programas apresentam as características de criação e manipulação das moléculas. Podemos observar que nenhum dos programas tem a rotina de tratamento de erro e todos os trabalhos relacionados que foram estudados tem como forte característica a visualização da molécula em 3D. As técnicas de Realidade Virtual, principalmente, imersão e navegação, não são explorados.

Na Química Inorgânica existem várias regras para a criação de novas moléculas, dificultando assim a possibilidade dos projetos informarem ao usuário porque não foi possível criar uma nova molécula.

Por esse motivo o projeto proposto trabalha com a Química Orgânica, mas especificamente os Hidrocarbonetos, onde é possível através de regras o usuário obter respostas quando não houver sentido na estrutura que ele criou.

Capítulo 4

4. Arquitetura do Software

4.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é descrever a arquitetura do software desenvolvido e apresentar as tecnologias utilizadas na implementação do mesmo. A criação da arquitetura só pôde ser realizada depois de um amplo estudo do capítulo 2 (Fundamentação Teórica) e do capítulo 3 (Trabalhos Relacionados).

4.2. Tecnologias utilizadas

A seguir serão apresentadas as tecnologias que foram empregadas para o desenvolvimento da aplicação.

Pode ser utilizado qualquer navegador de Internet que o usuário (professor, aluno) escolher, podendo ser Internet Explorer, Google Chrome, Firefox, Opera, etc.

Foram usadas para a formatação e diagramação da aplicação web:

XHTML – É a sigla em inglês para **EXtensible Hyper Text Markup Language** (Linguagem Extensível para Marcação de Hipertexto). É uma reformulação da linguagem de marcação HTML, combinando as tags (palavras-chave ou termo associado com uma informação) de marcação HTML com regras de XML.

O XHTML pode ser interpretado por qualquer dispositivo, independentemente da plataforma de processamento empregada, pois as marcações possuem sentido semântico para as máquinas.

AJAX – **Asynchronous JavaScript and XML**. Não é uma linguagem. É o uso sistemático de JavaScript e XML (entre outras tecnologias) para tornar o navegador

mais interativo com o usuário, utilizando-se solicitações assíncronas de informações. Isso quer dizer que podemos utilizar o Ajax para fazer uma solicitação ao servidor web sem que seja necessário recarregar a página que estamos acessando. (Niederauer,2010).

CSS - Sigla em inglês para **Cascading Style Sheet** que em português foi traduzido para Folha de Estilo em Cascata. É uma linguagem de estilo utilizada para definir a apresentação de documentos escritos em uma linguagem de marcação, como HTML ou XML. Seu principal benefício é prover a separação entre o formato e o conteúdo de um documento. (Silva, 2010).

Para o tratamento de eventos disparados pelo navegador ou requisições encaminhadas ao servidor HTTP:

Javascript – É uma linguagem de programação de código aberto que permite a implementação de pequenos scripts (uma sequência de comandos e tarefas a serem executadas), mas também de programas maiores, orientados a objetos, com funções, estruturas de dados complexas, etc. Além disso, Javascript coloca à disposição do programador todos os elementos para a confecção de páginas web, é interpretada, ao invés de compilada e atende principalmente as necessidades de validação de formulários no lado do cliente da aplicação (navegador) e interação com a página web.

Para a formatação das mensagens trocadas entre as aplicações:

XML – Sigla para **Extensible Markup Language**. É uma tecnologia muito simples que tem ao seu redor outras tecnologias que a complementam e a faz muito maior e com possibilidades muito mais amplas. Sua principal característica técnica é a criação de infra-estrutura única para diversas linguagens. Trata-se de um formato para a geração de documentos com dados organizados de forma hierárquica.

Para o processamento de informações no Servidor HTTP:

PHP 5 – Hipertext Preprocessor. É uma linguagem de programação interpretada, bastante modularizada e largamente utilizada para gerar conteúdo dinâmico, ideal para a instalação e uso em servidores web.

Para o desenvolvimento da montagem da geometria espacial das moléculas:

Actionscript 3 – É uma linguagem de programação orientada a objeto. Foi criado para facilitar a criação de aplicativos altamente complexos com grandes conjuntos de dados e bases de código reutilizáveis orientados a objetos. Ele permite melhorias de desempenho que só estão disponíveis com a AVM2 (ActionScript Virtual Machine), a nova máquina virtual. (Adobe Flash CS4 Professional, 2010).

Papervision 3D – É um motor de renderização 3D em tempo real, feito em ActionScript 3, open source, que tem as características básicas da computação gráfica tridimensional, criando uma ilusão 3D, no motor de renderização 2D que tem o Flash Player. (Adobe Flash CS4 Professional, 2010).

4.2.1 Ambiente de desenvolvimento

Netbeans – É um ambiente de desenvolvimento multiplataforma, auxiliando programadores a escrever, compilar, debugar e instalar aplicações, e foi arquitetada em forma de uma estrutura reutilizável que visa simplificar o desenvolvimento e aumentar a produtividade, pois reúne em uma única aplicação todas estas funcionalidades. Suporta linguagens de marcação como XML e HTML. (NetBeans, 2010).

Flash Development – É a tecnologia utilizada no Web que permite a criação de animações vetoriais. O interesse no uso de gráficos vetoriais é que estes permitem realizar animações de pouco peso, ou seja, que demoram pouco tempo para ser carregadas. É um dos avanços mais importantes em matéria de desenho no web desenvolvida pela Adobe. (Adobe Flash CS4 Professional, 2010).

4.2.2 Servidor HTTP

O sistema pode utilizar tanto o Apache como o IIS.

Apache – O Apache Server é um software livre, o que significa que qualquer um pode estudar ou alterar seu código-fonte, além de poder utilizá-lo gratuitamente. Está disponível para o Linux e para outros sistemas operacionais baseados no Unix, sendo capaz de executar código em PHP, Perl, Shell Script e até em ASP e pode atuar como servidor FTP, HTTP, entre outros. (InfoWester, 2010).

IIS – Internet Information Server é o servidor de páginas web avançado da plataforma Windows. Distribuído gratuitamente com as versões de Windows baseadas em NT, que podem ser Windows 2000 Profissional ou Windows 2003 Server, assim como Windows XP, também em suas versões: Profissional e Server. (Alvarez, 2010).

4.3. Arquitetura do Sistema

O sistema proposto utiliza técnicas de Realidade Virtual Não-Imersiva, no qual o usuário interage com o sistema por meio do mouse, monitor e do teclado.

A figura 4-1 apresenta a arquitetura do sistema proporcionando uma visão geral do seu funcionamento.

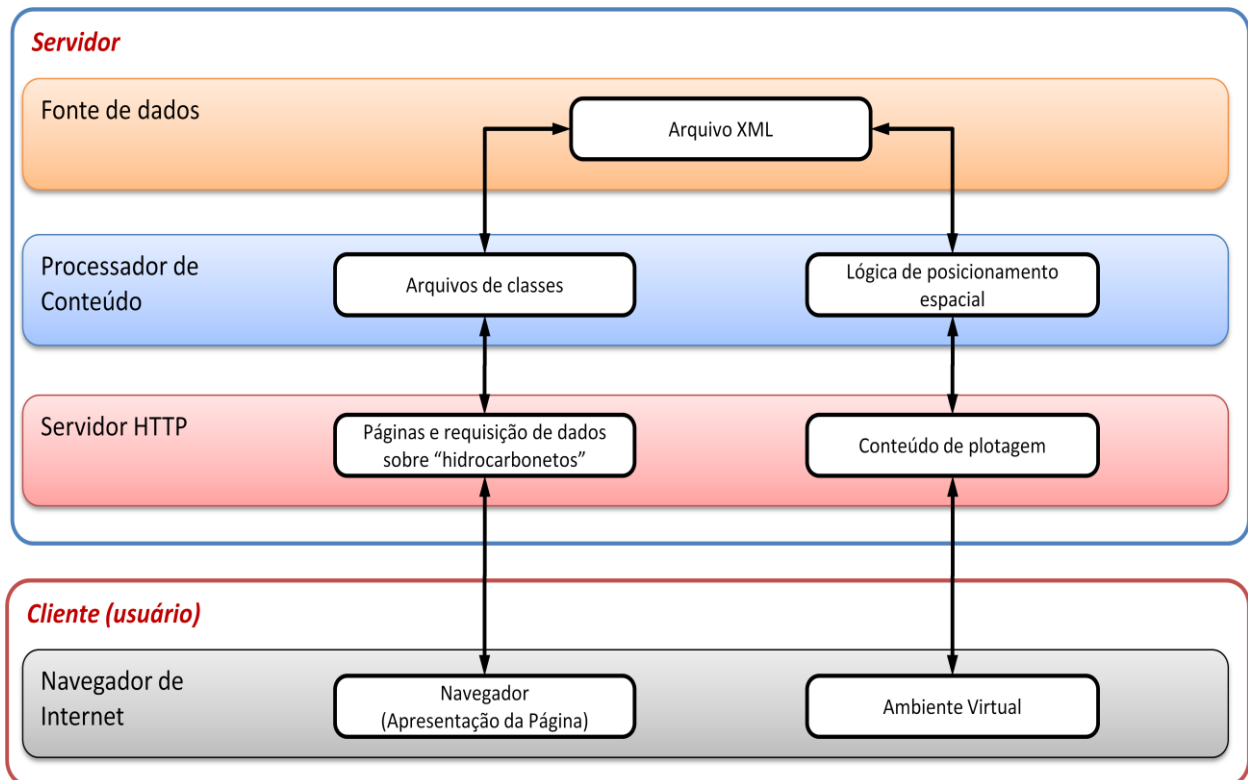


Figura 4-1. Arquitetura do Sistema.

Segue abaixo o diagrama de sequência do sistema:

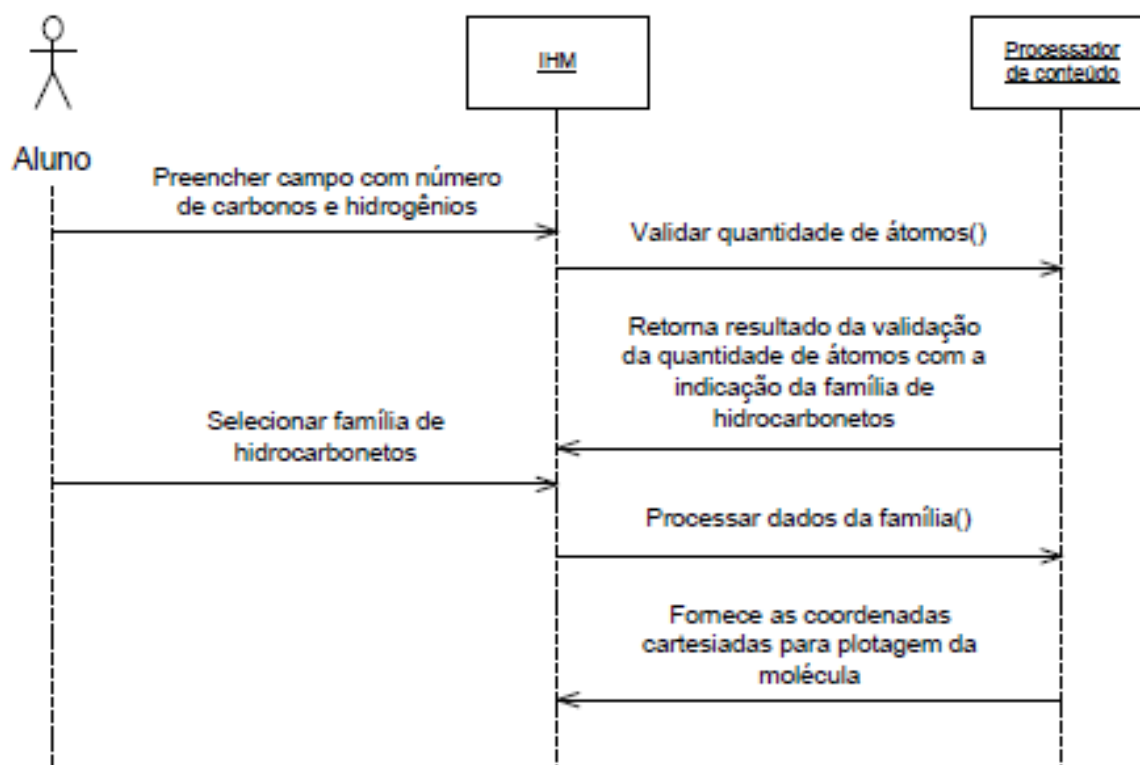


Figura 4-2. Diagrama de Sequência.

4.4. Considerações Finais

Este capítulo apresentou a arquitetura do software proposto, as tecnologias presentes na criação do mesmo, além de permitir uma visão da interação entre estas tecnologias aplicadas no seu desenvolvimento.

No próximo capítulo serão apresentados os detalhes da implementação do sistema proposto.

Capítulo 5

5. Detalhes de Implementação

5.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar os detalhes da implementação do sistema proposto, cuja arquitetura foi descrita no Capítulo 4. Para a implementação deste projeto foram utilizadas as seguintes linguagens de programação: XHTML, CSS, XML, Javascript, PHP 5 e Actionscript, todas já descritas no capítulo anterior.

5.2. Detalhes de Implementação

Através do navegador de internet (IE, Chrome, Firefox, Opera, etc.), que o usuário (professor, aluno) desejar utilizar e com o plugin FLASH instalado no seu computador, este usuário pode acessar o sistema no site <http://projetosdocentes.unisanta.br/avelino/>.

Acessando este endereço surgirá a tela inicial do sistema, Figura 5-1, na qual será possível criar a geometria molecular das moléculas dos Hidrocarbonetos (união dos Hidrogênios e Carbonos).

Nesta tela constarão as seguintes informações importantes ao usuário:

- A quantidade máxima de carbonos que pode ser digitada;
- Entrada de dados (número de carbonos e hidrogênios) para a geração das famílias dos Hidrocarbonetos;
- Os nomes das famílias dos Hidrocarbonetos e as regras para a criação das respectivas famílias (C_xH_y), onde x representa o número de átomos de carbonos e y o número de átomos de hidrogênios.

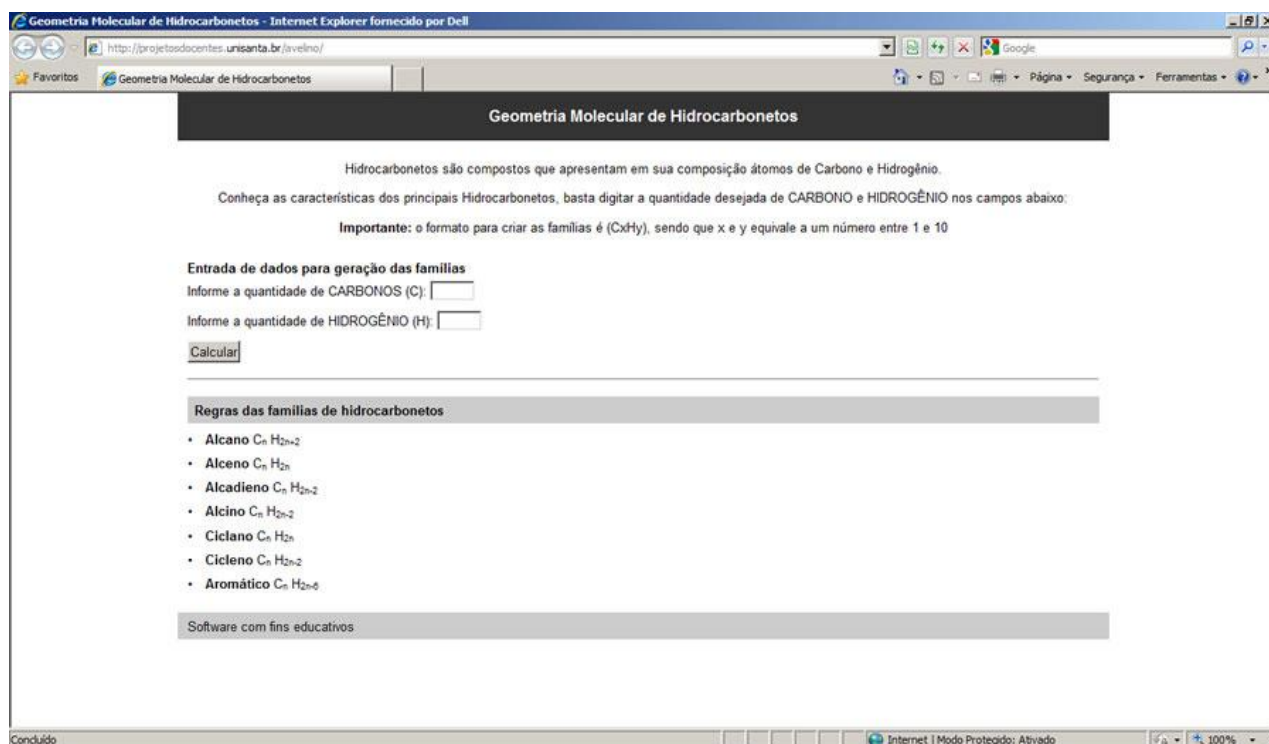


Figura 5-1. Tela inicial do Sistema.

Como pode ser observado nesta tela inicial, a operacionalização do sistema é relativamente simples e clara com o objetivo de facilitar a interação do usuário aprendiz com o sistema.

O código fonte desta página (Figura 5-2) é desenvolvido em linguagem XHTML, o qual é empregado para configurar a tela no navegador do usuário, enquanto a linguagem PHP é responsável por enviar e receber os dados que são processados no servidor web.

```

1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3
transitional.dtd">
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="pt-br" lang="pt-br">
3 <head>
4 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1" />
5 <title>Geometria Molecular de Hidrocarbonetos</title>
6 <base href="http://projetosdocentes.unisanta.br/avelino/" />
7 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/padrao.css"/>
8 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="highslide.css"/>
9 <script type="text/javascript" src="highslide/highslide-full.js"></script>
10 <script type="text/javascript" src="highslide/easing_equations.js"></script>
11 <script type="text/javascript" src="js/jquery-1.4.2.min.js"></script>
12 <script type="text/javascript" src="js/jquery.mvc.js"></script>
13 <script type="text/javascript" src="js/jqueryutil.js"></script>
14 <script type="text/javascript" src="js/jqueryAccordionDL.js"></script>
15 </head>

```

Figura 5-2. Código XHTML, tela inicial do sistema

O sistema ainda auxilia o usuário com mensagens de ajuda:

- ***O número de Carbonos é obrigatório*** – isto ocorre quando o usuário não fornece a quantidade de átomos de carbono, Figura 5-3.
- ***Os dados informados não formam um Hidrocarboneto. Favor tentar novamente*** – isto ocorre quando é fornecida uma quantidade inadequada de átomos de hidrogênio (Figura 5-4), que inviabilizam a formação de uma molécula de Hidrocarboneto.

São usadas funções em Javascript para validar os dados informados nos campos e mostrar as possíveis mensagens de erro ao usuário.

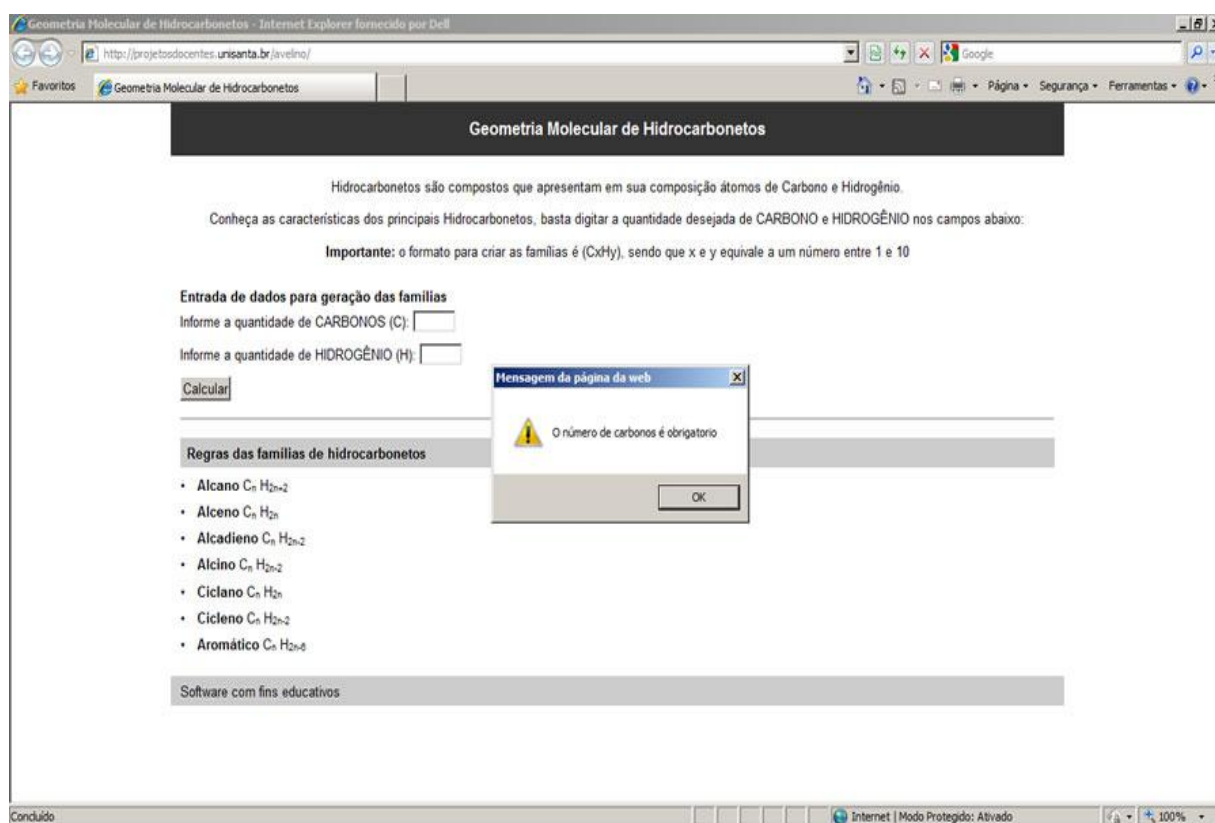


Figura 5-3. Número de Carbono é obrigatório.

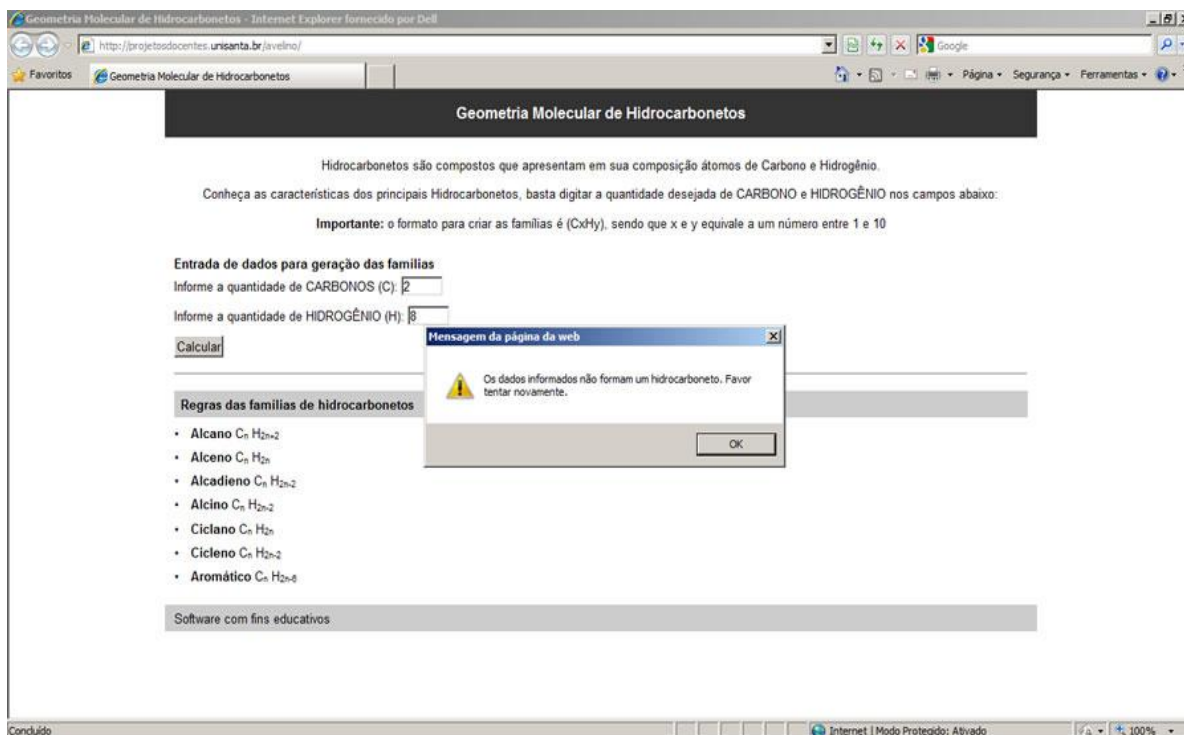


Figura 5-4. Quantidade inadequada de átomos de hidrogênio.

Após informar as quantidades desejadas de átomos de carbono e hidrogênio, o usuário deve clicar sobre o botão “**Calcular**” (Figura 5-5). Neste momento o sistema mostrará na mesma tela as famílias de Hidrocarbonetos que poderão ser formadas após a execução do processamento do cálculo, Figura 5-6.

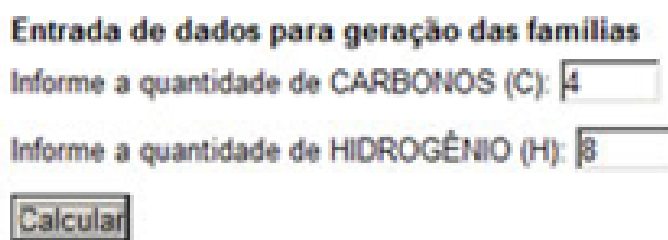


Figura 5-5. Calcular as famílias dos Hidrocarbonetos.

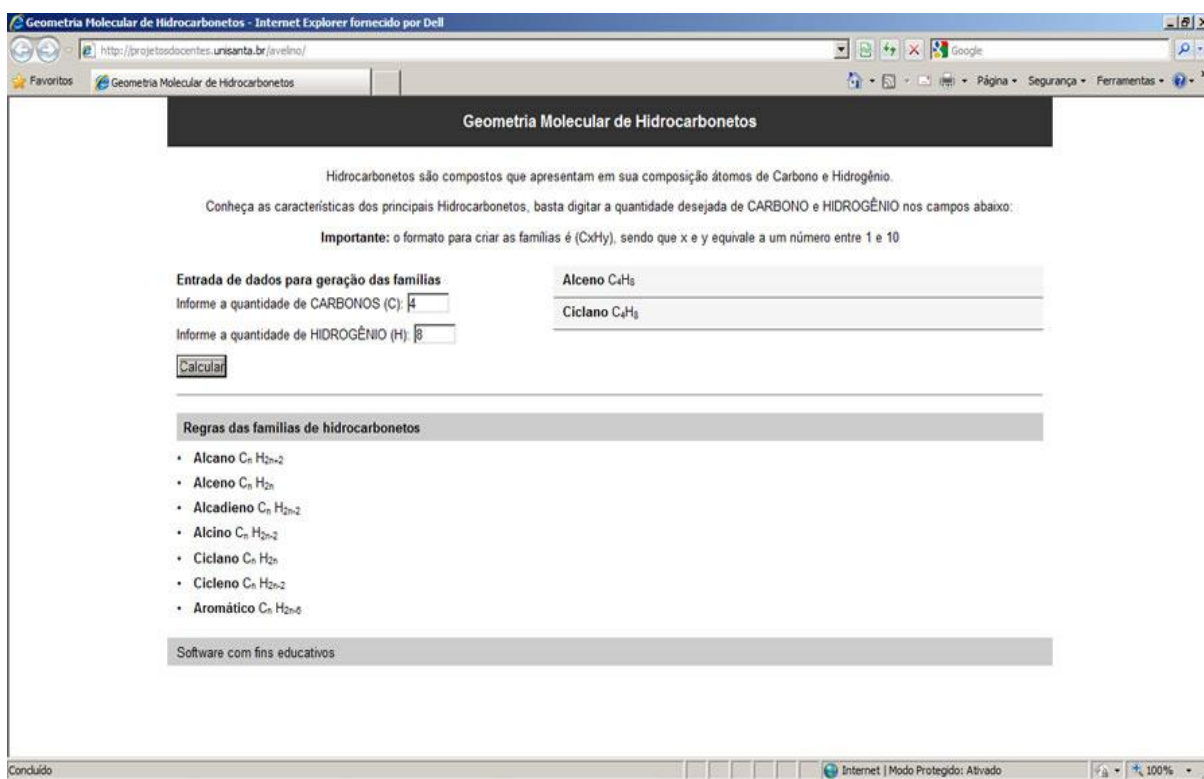


Figura 5-6. Apresentação das famílias possíveis.

Para permitir que o usuário permaneça na mesma tela foram utilizados os recursos do Ajax através de funções em Javascript (Jquery) chamadas no cabeçalho do código que permite atualizar (enviar e receber) dados sem ter que atualizar toda a página.

Ainda através do Javascript é possível organizar a apresentação das famílias em forma de “**acordeon**” (efeito sanfona), garantindo que a informação disponível na tela seja aquela que o usuário efetivamente deseja visualizar naquele momento.

Escolhendo uma das famílias, o usuário irá clicar sobre ela e em seguida serão apresentadas suas características técnicas na tela, (Figura 5-7). Também neste momento o usuário poderá clicar em “**Ver molécula em 3D**”.

Geometria Molecular de Hidrocarbonetos

Hidrocarbonetos são compostos que apresentam em sua composição átomos de Carbono e Hidrogênio.

Conheça as características dos principais Hidrocarbonetos, basta digitar a quantidade desejada de CARBONO e HIDROGÊNIO nos campos abaixo:

Importante: o formato para criar as famílias é (C_xH_y), sendo que x e y equivale a um número entre 1 e 10

Entrada de dados para geração das famílias

Informe a quantidade de CARBONOS (C):

Informe a quantidade de HIDROGÊNIO (H):

Alceno C₄H₈

- Também chamados de olefinas
- Hidrocarbonetos de cadeia aberta em que ocorre uma ligação entre carbonos

[Ver molécula em 3D](#)

Ciclano C₄H₈

Figura 5-7. Característica da família Alceno (C₄H₈).

Os textos de todas as famílias são armazenados no arquivo *Familia.config.xml*, que é carregado através da chamada feita pelo PHP (arquivo: *Familias-possiveis.xml.php*), Figura 5-8, durante o processamento da ação de consulta.

```
<h3>Regras das familias de hidrocarbonetos</h3>
<ul>
  <?php
    $list = new Familias();
    $list->carregarArquivo('Quimica/Familia/familia.config.xml');
    for( $i=0, $c = $list->count(); $i < $c; $i++ ) {
      $fam = $list->get( $i );
    }
    <li><strong><?php echo $fam->getNome(); ?></strong> <?php echo $fam->regra(); ?></li>
  <?php
  }
  ?>
</ul>
```

Figura 5-8. PHP (*Familias-possiveis.xml.php*).

As informações sobre a molécula são apresentadas em uma nova tela, a qual já contém o objeto SWF. O arquivo *plotagem.xml.php*, faz uso dos parâmetros “família” e “número de carbonos” para gerar as coordenadas e ligações entre os átomos.

Através da biblioteca do **Papervision**, pode-se navegar no sistema utilizando-se o mouse (com o cursor posicionado sobre molécula e pressionando o botão esquerdo) para movimentar a molécula. Também através do uso das teclas “**para cima**” e “**para baixo**” no teclado do usuário, é possível utilizar a aplicação de zoom sobre molécula, Figura 5-9.

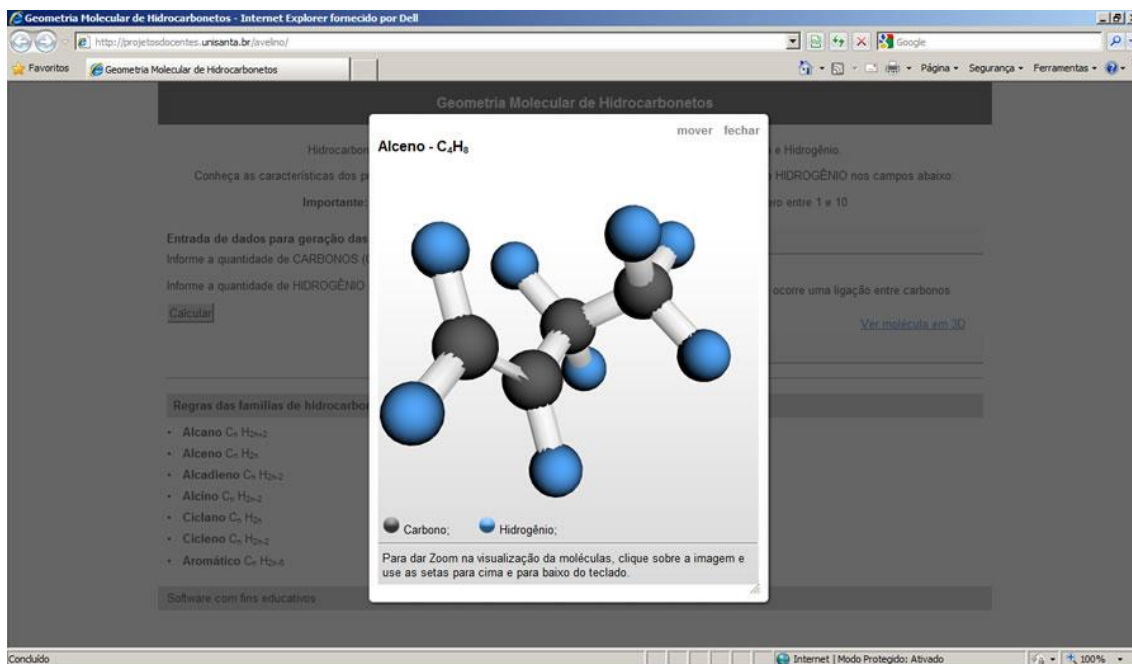


Figura 5-9. Zoom da molécula de Buteno (C₄ H₈).

5.3. Considerações Finais.

Neste capítulo foram descritos os principais passos realizados pelo programa desenvolvido, bem como os softwares utilizados para que os objetivos propostos pudessem ser alcançados através da integração de diversas linguagens distintas e complementares.

As principais dificuldades apresentadas na implementação do sistema estão relacionadas à codificação das regras da Química, principalmente a criação dos ângulos que definem a geometria das moléculas a serem criadas.

No próximo capítulo serão discutidos os resultados obtidos na pesquisa de campo.

Capítulo 6

6. Resultados, Limitação e Discussão

6.1. Introdução

Este capítulo descreverá a aplicação do projeto realizada com um grupo de alunos do Ensino Médio. Esta aplicação tem o objetivo de analisar a interação dos alunos com software proposto.

A aplicação do software foi realizada no Colégio do Carmo na cidade de Santos para uma classe de vinte e quatro (24) alunos do 3º. Ano do Ensino Médio. O professor de Química irá utilizar o software proposto, com a intenção ensinar uma parte do conteúdo de Geometria Molecular.

A aula foi ministrada em condições ideais para a utilização do software (um aluno por computador com acesso à Internet). Primeiramente, foram disponibilizadas aos alunos informações sobre a utilização do software e depois o professor começou sua aula (duas de 50 minutos cada). Ao término da aula, os alunos responderam um questionário sobre a sua interação com o software e sua aplicabilidade na aula de Química.

Antes de aplicar o software aos alunos ele foi apresentado a três professores de Química que o utilizaram e analisaram o programa com a intenção de expressarem as suas impressões sobre o sistema desenvolvido.

6.2. Avaliação do software

Para avaliar o software foi feita uma análise do questionário que os alunos responderam após a utilização do mesmo. Só para ressaltar, os professores comentaram após análise do software, que eles ficaram muito satisfeitos com a utilidade do programa, concluindo que seria alcançado o seu objetivo.

A seguir, as questões respondidas pelos alunos serão apresentadas em forma de tabelas e gráficos e depois comentadas.

A primeira questão aborda quanto à finalidade da utilização do programa, que pretendia verificar se os alunos consideravam o programa como importante para o aprendizado da Geometria Molecular.

Os dados coletados foram transportados para a Tabela 6-1.

Tabela 6-1: Quanto à finalidade de utilização do programa.

<i>Utilização do programa</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
muito útil	16	66.67
útil	8	33.33
pouco útil	0	0.00
Total	24	100.00

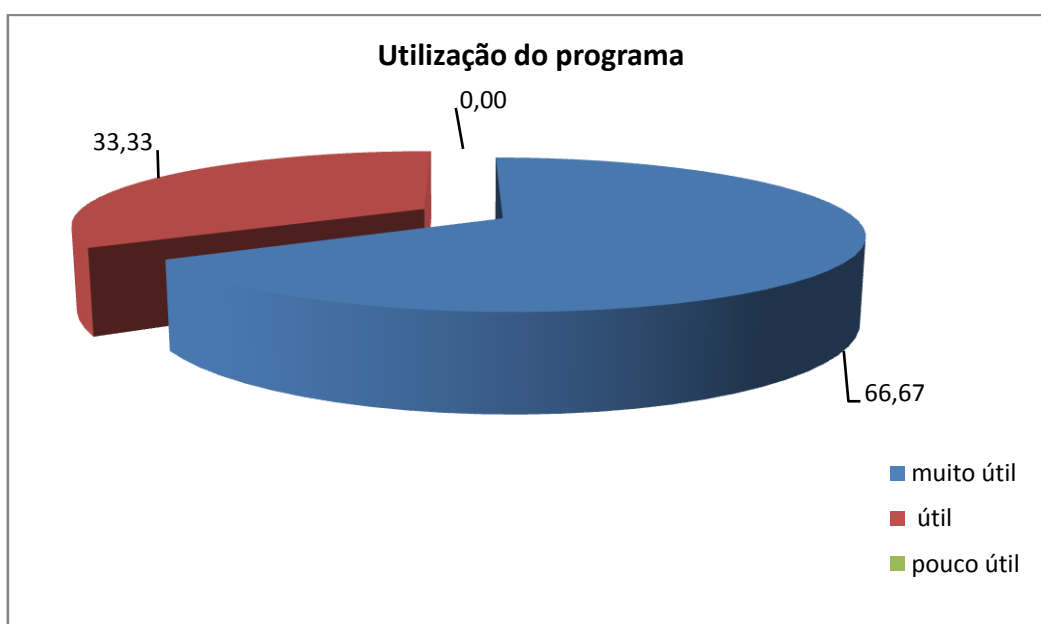


Figura 6-1: Gráfico: Utilização do programa.

Analisando o gráfico da Figura 6-1, pode-se observar que a maioria dos alunos (67%) assinalou o item ***muito útil***, alguns alunos o item ***útil*** (33%) e nenhum aluno assinalou o item ***pouco útil***.

Portanto verifica-se que a maioria dos alunos pesquisados captou a finalidade principal do sistema que era propiciar um melhor aprendizado da Geometria Molecular.

O principal objetivo da questão número 2 era verificar se os pesquisados conseguiam manusear o sistema proposto com facilidade, uma vez que o mesmo foi criado para promover a interação dos alunos com o conteúdo disciplinar proposto.

Os dados coletados foram transportados para a Tabela 6-2.

Tabela 6-2: Quanto à Interface.

<i>Interface</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
fácil entendimento	21	87.50
médio entendimento	3	12.50
difícil entendimento	0	0.00
Total	24	100.00

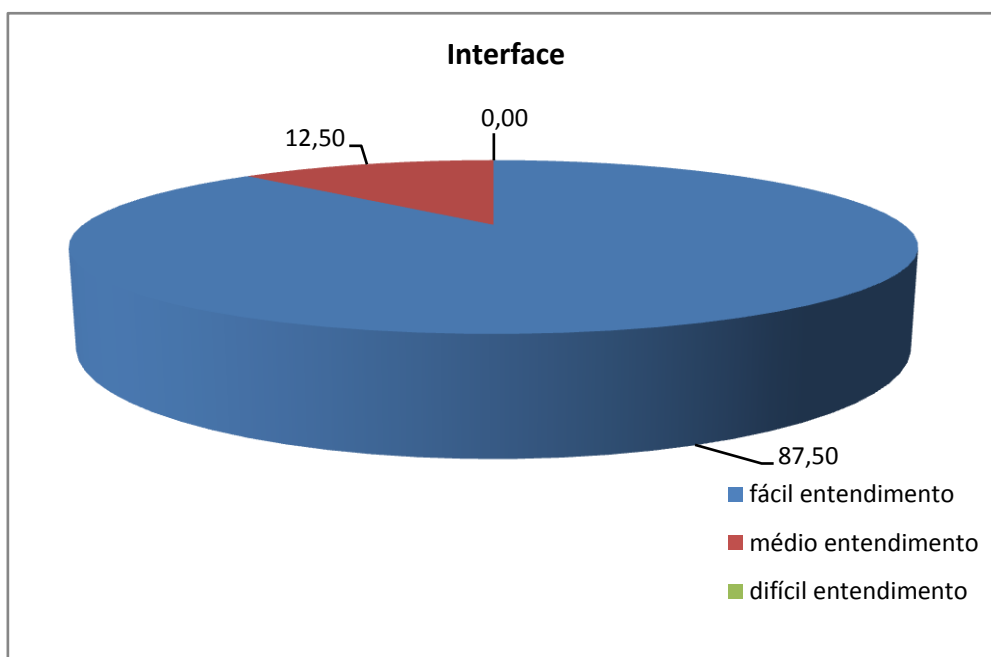


Figura 6-2: Gráfico: Interface.

Observando-se os resultados obtidos podemos concluir que o software possibilitou um fácil entendimento dos seus comandos aos pesquisados, pois a sua maioria (87,5%) respondeu que o sistema é de fácil entendimento em relação aos comandos necessários para sua utilização.

Dando sequência a questão anterior foi questionado aos alunos se a manipulação do sistema se realizava de maneira intuitiva. Os resultados obtidos foram mencionados na Tabela 6-3 e no gráfico da Figura 6-3.

Tabela 6-3: Quanto a facilidade de uso.

<i>Facilidade de uso</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
muito intuitivo	14	58.33
Intuitivo	10	41.67
pouco intuitivo	0	0.00
Total	24	100.00

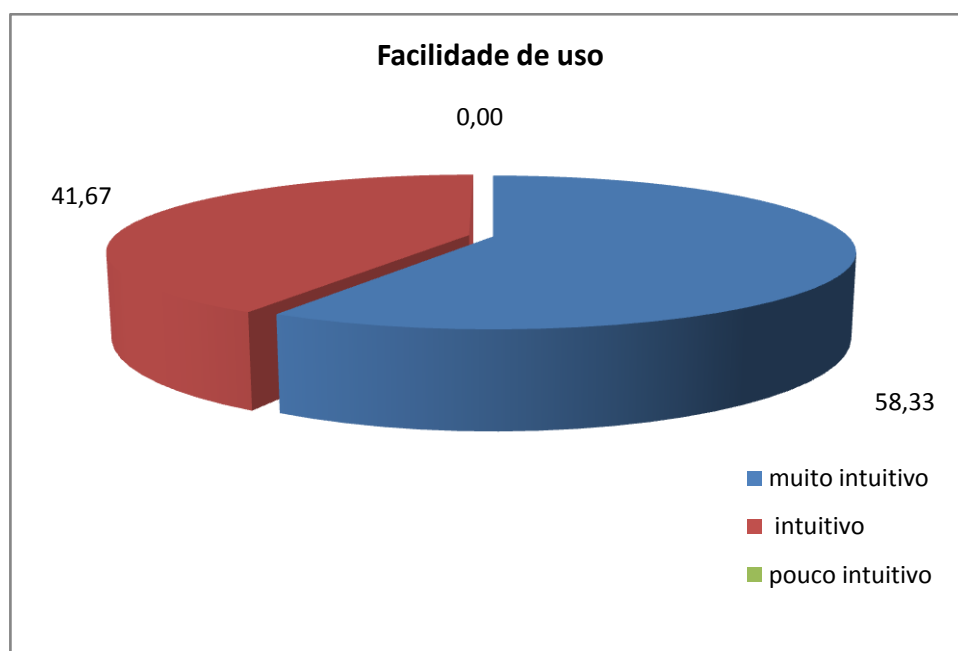


Figura 6-3: Gráfico: Facilidade de uso.

Assim como na questão 2, aqui também observamos que os alunos tiveram facilidade na interação com o sistema e nenhum pesquisado considerou o sistema como pouco intuitivo, portanto mostrando que todos os alunos aderiram de maneira tranqüila a aplicação proposta.

Na questão número 1 foi verificado se os alunos conseguiam entender o objetivo e as funcionalidades do sistema proposto e através da pesquisa verificou-se que os alunos demonstraram fácil assimilação da proposta.

Em complemento, na questão 4 foi solicitado aos alunos que esclarecessem se a experiência proposta havia sido integralmente desenvolvida. Podemos verificar o resultado na Tabela 6-4 e no gráfico da Figura 6-4.

Tabela 6-4: Quanto aos recursos do programa, a experiência proposta.

<i>A Experiência Proposta</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
foi desenvolvida	24	100.00
não foi desenvolvida	0	0.00
Total	24	100.00

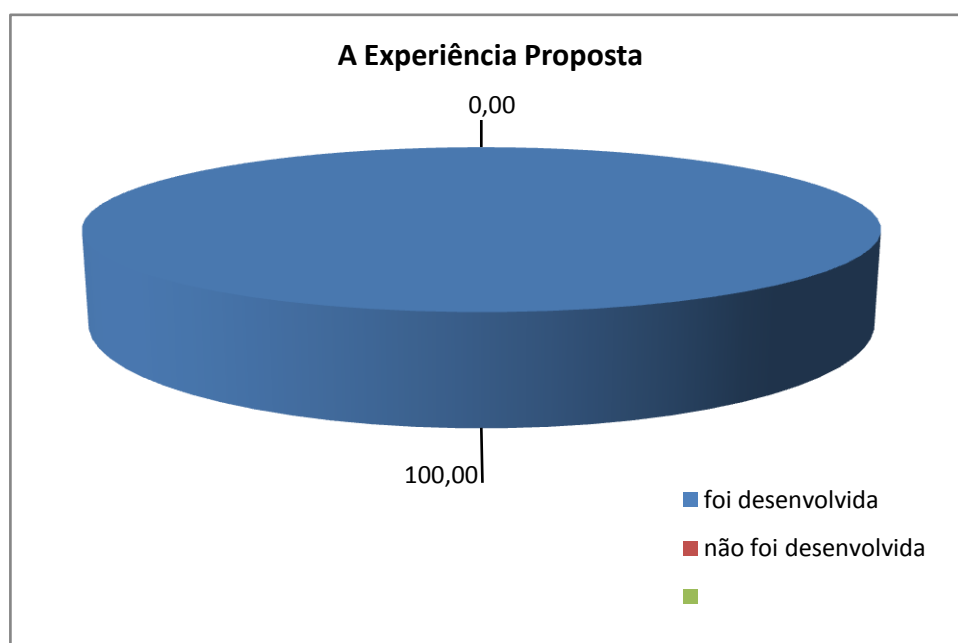


Figura 6-4: Gráfico: A Experiência Proposta.

Os resultados apresentados demonstraram que a totalidade dos alunos (100%) compreendeu que a proposta do programa foi integralmente desenvolvida, demonstrando mais uma vez que os alunos apresentaram grande facilidade no manuseio e entendimento do sistema.

O objetivo da questão número 5 era observar se os alunos conseguiram vivenciar a experiência proposta através do software. Os dados obtidos estão demonstrados na Tabela 6-5 e no gráfico da Figura 6-5.

Tabela 6-5: Os objetos disponíveis.

<i>Objetos disponíveis</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
permitem conceber a experiência	22	91.67
concebem parte da experiência	2	8.33
não permitem conceber	0	0.00
Total	24	100.00

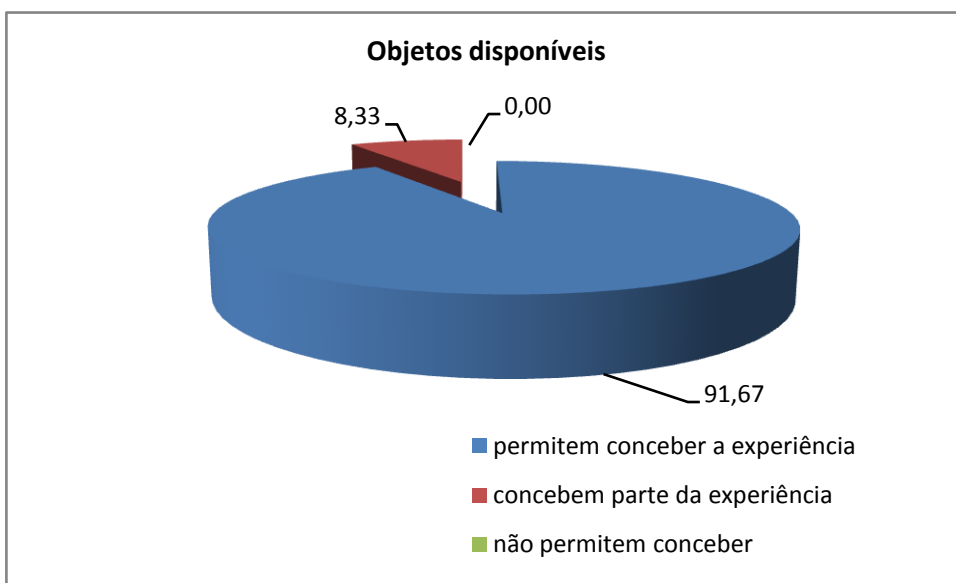


Figura 6-5: Gráfico: Objetos disponíveis.

Os resultados mostram que a maioria (92%) dos pesquisados conseguiram realizar a experiência proposta através dos objetos que foram disponibilizados no programa. Essa questão é importante porque ratifica o entendimento dos alunos pesquisados sobre o programa.

A questão 6 é uma das mais importantes do questionário pois nela o alunos demonstraram a aderência da Geometria Molecular com a Química. Pretendia-se nessa questão verificar se o aluno após a montagem da molécula no sistema enxergava a figura geométrica que a mesma representava. Essa visualização em 3D é a principal funcionalidade do programa e é impossível de ser realizada sem a utilização da Informática.

Podemos verificar o resultado na Tabela 6-6 e no gráfico da Figura 6-6.

Tabela 6-6: Conseguiu visualizar a relação da Geometria Molecular com a Química através da experiência?

<i>Visualizou a relação da Geometria Molecular com a Química?</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
sim	24	100.00
não	0	0.00
em parte	0	0.00
Total	24	100.00

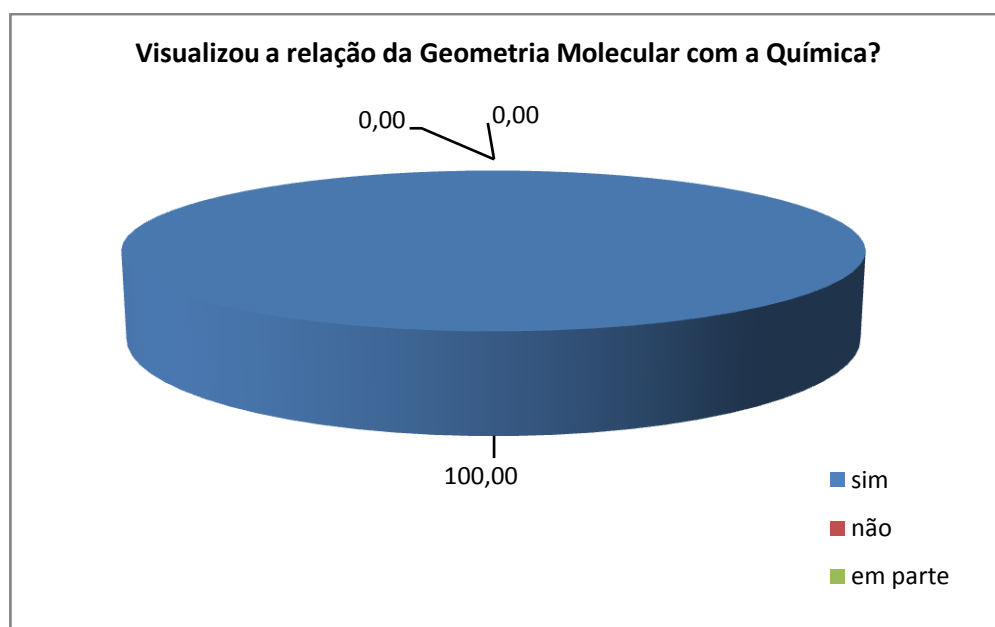


Figura 6-6: Gráfico: Visualizou a relação da Geometria Molecular com a Química.

O objetivo proposto foi plenamente alcançado, pois 100% dos alunos conseguiram visualizar a Geometria Molecular em 3D de uma forma simples e interativa.

As questões 7 e 8 demonstram a importância da Informática para o aprendizado.

Verificar os resultados na Tabela 6-7 e gráfico da Figura 6-7.

Tabela 6-7: Você acha que a utilização da informática contribui para a aprendizagem.

<i>Acha que a utilização da informática contribui para a aprendizagem?</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
sim	24	100.00
não	0	0.00
em parte	0	0.00
Total	24	100.00

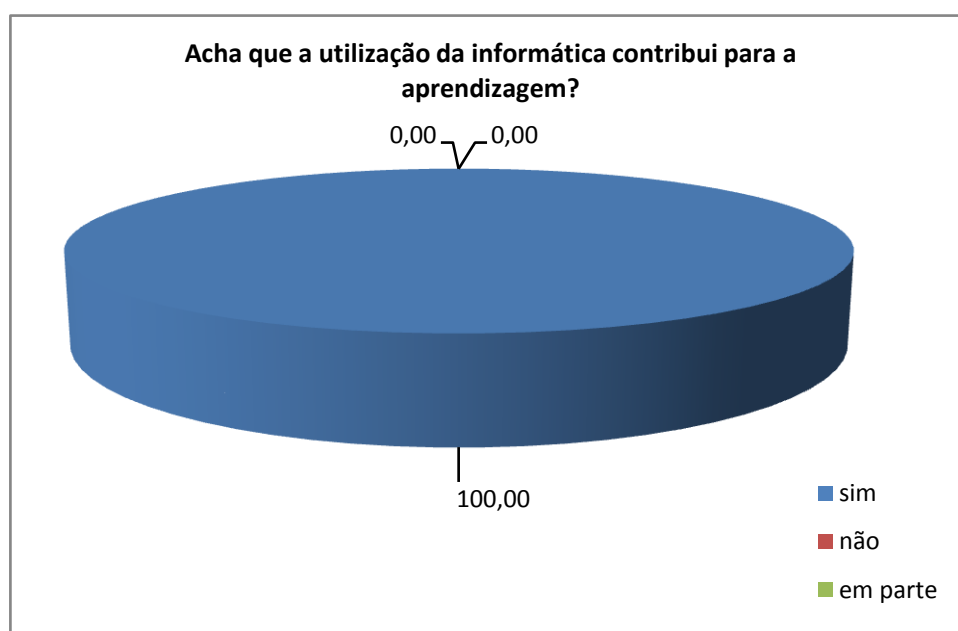


Figura 6-7: Gráfico: Acha que a utilização da informática contribui para a aprendizagem?

Na questão 7 os alunos demonstraram claramente que já consideram a Informática como uma das principais ferramentas para o aprendizado. A maioria absoluta dos alunos (100%) respondeu que a Informática contribui positivamente para o aprendizado.

Tabela 6-8: Você tem o hábito de utilizar a informática em seus estudos?

<i>Tem o hábito de utilizar a informática em seus estudos?</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
sim	19	79.17
não	3	12.50
em parte	2	8.33
Total	24	100.00

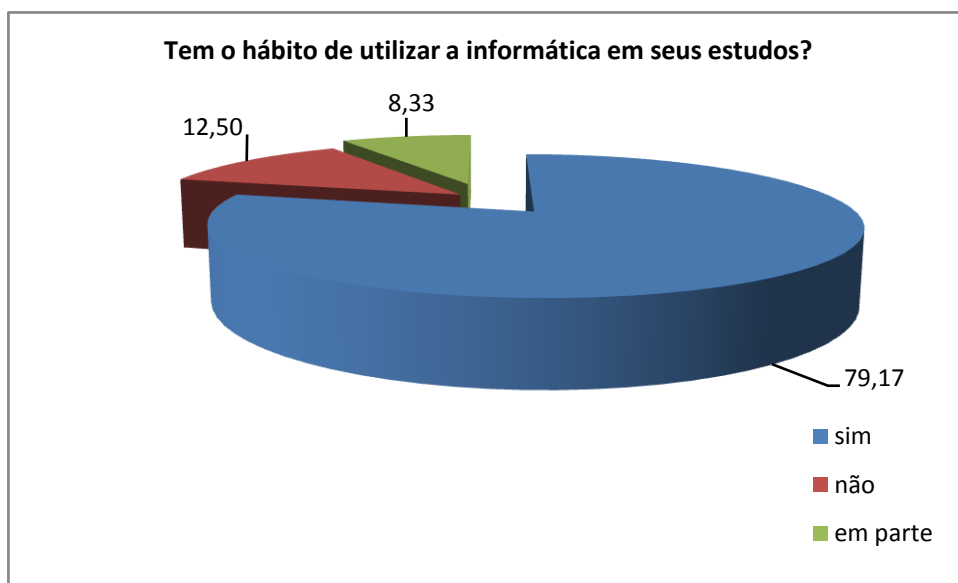


Figura 6-8: Gráfico: Tem o hábito de utilizar a informática em seus estudos?

A questão 8 aborda quanto ao hábito da utilização da Informática em seus estudos e apenas 8% dos pesquisados responderam que utilizam parcialmente esses recursos em seus estudos.

Na questão aberta os alunos puderam externar suas sugestões e críticas. Os principais relatos dos alunos versaram sobre a funcionalidade do sistema e a aplicação do mesmo no estudo da Geometria Molecular.

6.3. Considerações Finais.

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos com a pesquisa que pretendia medir a interação dos alunos com o ambiente virtual proposto.

A pesquisa realizada foi uma fase fundamental, pois demonstrou a aderência dos alunos à proposta apresentada, considerando a dificuldade que os mesmos tinham em visualizar a Geometria Molecular em um ambiente tradicional com recursos específicos (giz, lousa, livros, etc.).

Pelas respostas obtidas pudemos verificar que os alunos conseguiram facilmente se identificar com a proposta. As questões abertas ratificaram essa identificação:

“Esse método de ensino ligado a tecnologia a meu ver é melhor compreendido entre os alunos, pois com a visualização das moléculas em 3D fica mais fácil o entendimento”.

Com o relato do aluno podemos observar que é claro para os estudantes a importância da Informática para o aprendizado.

Outro aluno mencionou:

“O sistema desenvolvido é de extrema utilidade na aprendizagem da Geometria Molecular, permitindo um conteúdo mais interativo e dinâmico”.

Os alunos também contribuíram com sugestões para o sistema, que podem ser implementadas em trabalhos futuros. Podemos citar como exemplo a sugestão colocada por um pesquisado:

“Sugiro que sejam colocadas pastas ou figuras no canto direito da tela para a indicação de que é possível acessar mais informações sobre os Hidrocarbonetos e suas classificações”

Outro aluno sugeriu a expansão do sistema:

“Sugiro a disposição de outras funções orgânicas (nitrogenadas, oxigenadas) e suas fórmulas estruturais”.

Concluindo, através das questões fechadas e abertas podemos verificar que a proposta apresentada foi totalmente assimilada pelo grupo pesquisado.

Capítulo 7

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

7.1. Introdução

Este trabalho apresentou uma aplicação prática da Realidade Virtual em sala de aula, através da criação de um ambiente computacional onde o aluno pode criar, manipular, visualizar e principalmente assimilar os conceitos teóricos da Geometria Molecular.

A aplicação da RV simulando no ambiente virtual principalmente figuras tridimensionais tem sido muito utilizada principalmente no ensino da Geometria Espacial com grande sucesso pedagógico.

A utilização da Realidade Virtual na Química ainda não foi tão explorada como na Matemática, mas também abre um universo de possibilidades de simulações de conceitos abstratos que podem tornar-se mais facilmente assimilados pelos alunos através do uso adequado da ferramenta. As conclusões e propostas de trabalho futuro deste projeto são apresentadas a seguir.

7.2. Conclusões

O objetivo principal da aplicação proposta por esta dissertação era criar um sistema que possibilitasse aos alunos visualizar em 3D moléculas criadas por eles mesmos. Esse objetivo foi motivado porque a visualização de moléculas sem a utilização da Realidade Virtual exige por parte dos alunos um alto grau de abstração muitas vezes não atingido com a utilização das ferramentas tradicionais para o ensino da Química.

Dentro do universo da Química, foi escolhido como escopo para esse trabalho a Química Orgânica, pela grande quantidade de compostos orgânicos existentes que chega a ser 10 vezes maior que os compostos inorgânicos, criando então um número

significativo de regras para o surgimento dessas moléculas. Ilustrativamente podemos citar que o Carbono sozinho gera mais compostos químicos que os outros 110 elementos juntos.

Essa motivação possibilitou a criação de uma ferramenta de apoio ao ensino da Geometria Molecular a partir do ensino tradicional agregado aos recursos computacionais, levando o aluno a interagir em tempo real com estruturas moleculares criadas por ele mesmo.

O objetivo central deste trabalho é utilizar a Realidade Virtual em sala de aula como uma ferramenta adicional ao ensino da disciplina de Química Geral especificamente a Geometria Molecular, ministrada normalmente no Ensino Médio. O tema amplamente discutido na bibliografia apresentada tem como consenso de vários autores que a Realidade Virtual facilita a simulação do mundo real em um ambiente virtual enriquecendo a possibilidade de fixação do conhecimento teórico dos alunos a partir da visualização de elementos em um ambiente tridimensional.

O sistema criado possibilita que o aluno através de qualquer navegador de internet possa simular a criação da Geometria Molecular dos Hidrocarbonetos a partir da digitação da quantidade escolhida de carbonos e hidrogênios e depois possibilita a visualização da molécula em 3D e manipulação da mesma.

No capítulo 6 pudemos observar a aceitação do grupo pesquisado em relação à proposta apresentada pelo trabalho.

Quando questionados sobre a finalidade da utilização do programa, 67% dos pesquisados consideraram o programa como muito útil, portanto a maioria dos alunos conseguiu assimilar que o programa propicia um melhor aprendizado da Geometria Molecular.

Outro ponto importante apresentado na pesquisa é que o sistema é de fácil entendimento em relação aos comandos necessários para sua utilização.

Na pesquisa realizada também pudemos verificar que o objetivo proposto pelo sistema foi plenamente alcançado, pois 100% dos alunos conseguiram visualizar a Geometria Molecular em 3D de uma forma simples e interativa.

Concluindo, a pesquisa também demonstrou claramente a importância e a participação da Realidade Virtual como ferramenta significativa para a aprendizagem dos alunos.

Comparando-se o sistema que foi desenvolvido em relação aos demais estudados em “Trabalhos Relacionados” no capítulo 3, a Tabela 7-1 traz novamente os sistemas já desenvolvidos e mais o programa proposto neste trabalho, apresentando suas características.

Tabela 7-1: Tabela comparativa das características dos sistemas estudados e do sistema desenvolvido.

Projetos Características	MolSurf	OrbVis	Chemistry, Structures & 3D Molecules	Realidade Virtual na Educação Química – O caso do ensino de estrutura atômica	A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular
Opção de criar moléculas	✓	✓	X	X	✓
Tratamento de erro	X	X	X	X	✓
Visualizar a molécula em 3D	✓	✓	✓	✓	✓
Manipular a molécula	✓	✓	✓	X	✓
Acesso a Internet através de qualquer navegador.	✓	✓	✓	X	✓

Através das características apresentadas na Tabela 7-1 pode-se observar que o software proposto alcançou todas elas e principalmente o tratamento de erro.

Outra grande vantagem alcançada com o programa é que com a tecnologia desenvolvida o usuário pode acessar o programa pela Internet de “qualquer lugar” e em “qualquer hora”, independente do Sistema Operacional, permitindo a aprendizagem autônoma.

Claro que o tema apresentado não se encerra com esta aplicação e abre um grande leque de possibilidades para a utilização da Realidade Virtual na Química.

7.3. Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento desse trabalho e do aprofundamento do conhecimento entrelaçado da Química com a Realidade Virtual, novas possibilidades de desenvolvimento irão surgir principalmente devido à extensão, profundidade e as dificuldades que a Química apresenta com toda sua complexidade para o seu aprendizado. Porém, essa complexidade apresentada pela Química pode ser amenizada com a utilização da Realidade Virtual e a capacidade que a mesma tem em apresentar em um ambiente virtual, representações que poderiam ser visualizadas com muita dificuldade pelos alunos a olho nú.

Considerando os trabalhos futuros complementares a serem desenvolvidos, a dissertação deixa uma grande oportunidade para a introdução das demais regras da Química que possibilitam a criação de outras moléculas que não as apresentadas neste trabalho. Essa aplicação irá demandar um aprofundamento no conhecimento teórico da Química e a conseqüente utilização da Realidade Virtual para a apresentação dessas moléculas mais complexas. Outra idéia para trabalhos futuros seria apresentar a estrutura plana junto com o modelo 3D no sistema.

Como citado no capítulo anterior, destaca-se a sugestão de um aluno que propôs:

“Sugiro que sejam colocadas pastas ou figuras no canto direito da tela para a indicação de que é possível acessar mais informações sobre os Hidrocarbonetos e suas classificações”

Essa colocação do pesquisado com certeza pode incrementar o programa apresentado e contribuir com o aprendizado dos alunos.

7.4. Considerações Finais.

A utilização da Informática, especificamente a Realidade Virtual como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem já é muito difundida em diversas áreas da Educação.

O trabalho proposto, explorando a dificuldade dos estudantes em visualizar a Geometria Molecular dos Hidrocarbonetos, mostrou uma grande aceitação por parte dos alunos envolvidos na pesquisa de campo, demonstrando a aderência desses jovens às novas tecnologias, próprias do seu universo particular.

O tema não se esgota nesta dissertação devido a constante inovação em termos de ferramentas da Realidade Virtual que se renovam constantemente e principalmente pela imensidão de aspectos a serem explorados no estudo da Química Orgânica em particular e da Química em geral. Portanto, os temas aqui estudados e propostos podem servir de input para diversos outros trabalhos a serem desenvolvidos por pesquisadores.

Referências Bibliográficas.

Andrew Johnson, Thomas Moher, Yong-Joo Cho, Ya Ju Lin, Dave Haas e Janet Kim, Augmenting Elementary School Education with VR. University of Illinois at Chicago, IEEE Computer Graphics and Applications, Projects in RV, p. 6-9. 2002.

Adobe Flash CS4 Profissional, Site:

(http://help.adobe.com/pt_BR/Flash/10.0_Welcome/WS091A3800-D889-4425-B647-C44097B73F34.html). Acessado em Março de 2010.

Antonio Valerio Netto; Liliane dos Santos Machado; Maria Cristina F. Oliveira. Realidade Virtual: Fundamentos e Aplicações. Editora Visual Books – 2002.

Alvarez, M. A.: O que é Javascript: Site (<http://www.criarweb.com/artigos/184.php>). Acessado em Março de 2010.

Borges, E; Lamounier Jr, E. A; Cardoso, A. Investigando Técnicas Interativas para Aprimorar o Uso de Realidade Virtual no Ensino de Geometria Espacial. In: V Symposium on Virtual Reality – SVR.2002, Fortaleza, CE. Anais...p. 78-89.

Brasil escola, Site: (<http://www.brasilecola.com/informatica/navegador.htm>). Acessado em Março de 2010.

Byrne, C. Water on Tap: The Use of Virtual Reality as an Educational Tool; Tese de DSc, University of Washington in Seattle. March 1996. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications/dissertations/Byrne>.

Cardoso, A; Kirner, C; Lamounier Jr, E; Kelner J. Tecnologia para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada. Editora Universitária UFPE, Recife – 2007.

Cardoso, A; Lamounier Jr.; A Realidade Virtual na Educação e Treinamento. Realidade Virtual: conceitos, tecnologia e tendências. 1ª Ed. São Paulo, 2004. V. 1.

Cardoso, A. Uma Arquitetura para Elaboração de Experimentos Virtuais Interativos suportados por Realidade Virtual não-imersiva; Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002.

Ciscato, C. A. M., Pereira, L. F., Planeta Química: volume único. São Paulo: Ática, 1ª edição, 2008.

Fonseca, Martha Reis, Química: química orgânica. São Paulo: FTD, 2007- (Coleção Química).

Salvador, E., Usberco J., Química 1: Química Geral. 9ª Ed. São Paulo, Saraiva, 2000.

Fonseca, Martha Reis, Completamente Química: química orgânica. São Paulo: FTD, 2001- (Coleção completamente Química, ciências, tecnologia e sociedade).

InfoWester, Site (<http://www.infowester.com/servapach.php>). Acessado em Março de 2010.

Kaufmann, Hannes. Construct3D: AN Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. December 2002, pp. 656-657.

Kirner, C; Pinho, Marcio; Introdução à Realidade Virtual, WRV 97, 1º Workshop de Realidade Virtual, São Carlos, SP, Novembro de 1997.

Kirner, C; Tori, Romero; Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-Realidade. Realidade Virtual: conceitos, tecnologia e tendências. 1ª Ed. São Paulo, 2004. V. 1.

Kirner, C; Tori, Romero; Siscoutto Robson. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. VII Symposium on Virtual Reality – SVR.2006, Belém, PA.

Machado, Liliane; Cardoso, A. Dispositivos Adequados à Realidade Virtual. VII Symposium on Virtual Reality – SVR.2004, São Paulo, SP. p. 21-32.

NetBeans, Site: (<http://platform.netbeans.org/>). Acessado em Março de 2010.

Niederauer, Juliano, Site (WWW.novateceditora.com.br/livros/ajax/capitulo9.pdf). Acessado em Março de 2010.

Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio, Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – 2000.

Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio, Parte II – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias – 2000.

Pinho, M. S. Realidade Virtual como ferramenta de Informática na Educação. Porto Alegre: PUCRS, maio 1998.

Pinho, M. S. Realidade Virtual como ferramenta de Informática na Educação. Porto Alegre: PUC/PR, jul. 2002.

Silva J. E.; Rogado J. Aplicação da Realidade Virtual na Educação Química – O caso do ensino de estrutura atômica. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), Piracicaba, SP. - 2008.

Silva, M. S.: Tutorial - XHTML: (<http://maujor.com/tutorial/xhtmll.php>). Acessado em Março de 2010.

Anexo A.

A.1. Geometria Molecular

Alguns especialistas acreditam que a palavra Química é derivada de uma palavra antiga **khemeia**, que pode ser relacionada com o nome que os egípcios davam ao próprio país, **Kham**. Contudo alguns estudiosos acreditam que a Química se origina da palavra **chymia**, que significa “fundir” ou “moldar um metal”. (Fonseca, M. R., 2007).

O dicionário (*Novo Aurélio – Século XXI*) define Química como:

“Ciência em que se estuda a estrutura das substâncias, correlacionando-a com as propriedades macroscópicas, e se investigam as transformações destas substâncias”.

A Química é separada em Inorgânica e Orgânica, e essa separação ocorreu em 1777 sendo proposta pelo químico alemão Torbern Olof Bergman (1735 – 1784), (Salvador e Usberco, 2000).

A Química Inorgânica estuda os compostos extraídos dos minerais e a Química Orgânica estuda praticamente todos os compostos do elemento carbono.

São inúmeras as aplicações e os produtos resultantes da Química Orgânica no cotidiano e, pelo número de compostos que essa área é capaz de fornecer, várias gerações de estudiosos terão matéria-prima para pesquisas distintas.

Grande parte da energia que produzimos vem da queima de combustíveis, como a gasolina, óleo diesel, gás de cozinha ou gás natural, e são obtidos a partir do petróleo, dos vegetais ou dos biodigestores.

Fármacos são sintetizados para o tratamento e profilaxia de diversos males, utilizando matérias-primas vegetais, animais e do petróleo.

As indústrias de essências e cosméticos utilizam compostos orgânicos dos mais variados para criar novos perfumes e cremes de beleza.

Em 1828, Friedrich Wöhler (1800 – 1882) deu início a um grande campo de pesquisa, o das sínteses orgânicas. Hoje são conhecidos por volta de 7 milhões de compostos orgânicos e 200 mil inorgânicos.

Os compostos orgânicos são praticamente formados por quatro elementos: **carbono (C)**, cuja presença é obrigatória, **hidrogênio (H)**, **oxigênio (O)** e **nitrogênio (N)**. (Fonseca, M. R., 2001).

Além desses quatro elementos, existe o enxofre (S), fósforo (P), cloro (Cl), bromo (Br), iodo (I) e, eventualmente, o flúor (F), que formam compostos orgânicos, só que em menor número.

A Química Orgânica começou a se desenvolver muito rapidamente obtendo-se novas substâncias, e para explicar as propriedades dessas substâncias, o carbono deveria apresentar uma estrutura espacial. Foi então que Van't Hoff e L^e Bel criaram em 1874 um modelo espacial para o carbono, onde os átomos de carbono são representados por tetraedros regulares, sendo que o carbono ocupa o centro do tetraedro e suas quatro valências correspondem aos quatro vértices, Figura A-1.

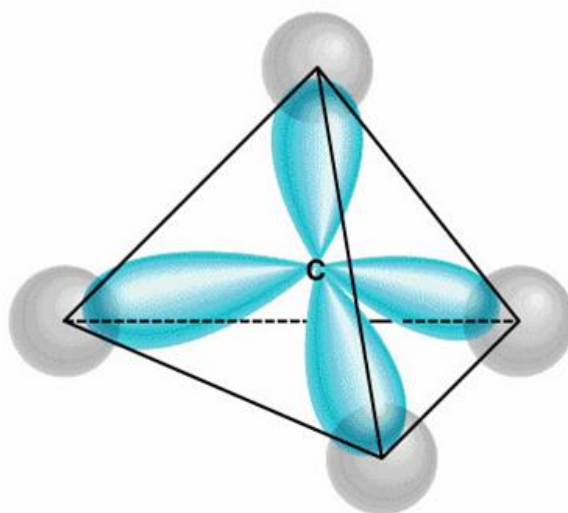


Figura A-1. Tetraedro (Salvador e Usberco, 2000).

A.1.1 As ligações do Carbono

Através desse modelo foram representados alguns tipos de ligações que ocorrem entre os átomos de carbono:

1. **Ligação simples:** os tetraedros estão ligados por um vértice.
2. **Ligação dupla:** os tetraedros estão unidos por dois vértices (uma aresta).
3. **Ligação tripla:** os tetraedros estão unidos por três vértices (uma face).

Em 1916, Lewis propôs que os átomos se ligavam por meio dos pares eletrônicos da camada de valência. A representação dessas ligações por pares eletrônicos foi denominada Fórmula Eletrônica de Lewis.

A partir das formulas eletrônicas, podemos escrever suas estruturas planas, Figura A-2.

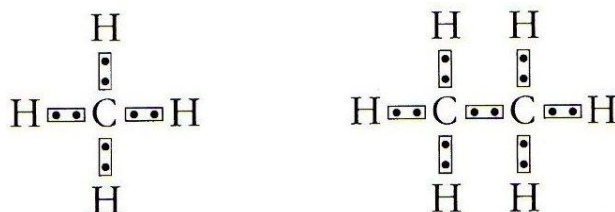


Figura A-2: Estruturas Planas. (Ciscato e Pereira, 2008).

A maioria das moléculas orgânicas é tridimensional, então há a necessidade da utilização de modelos que possam mostrar a sua estrutura e a sua geometria. Existem algumas representações e modelos para que isto seja possível, Figura A-3.

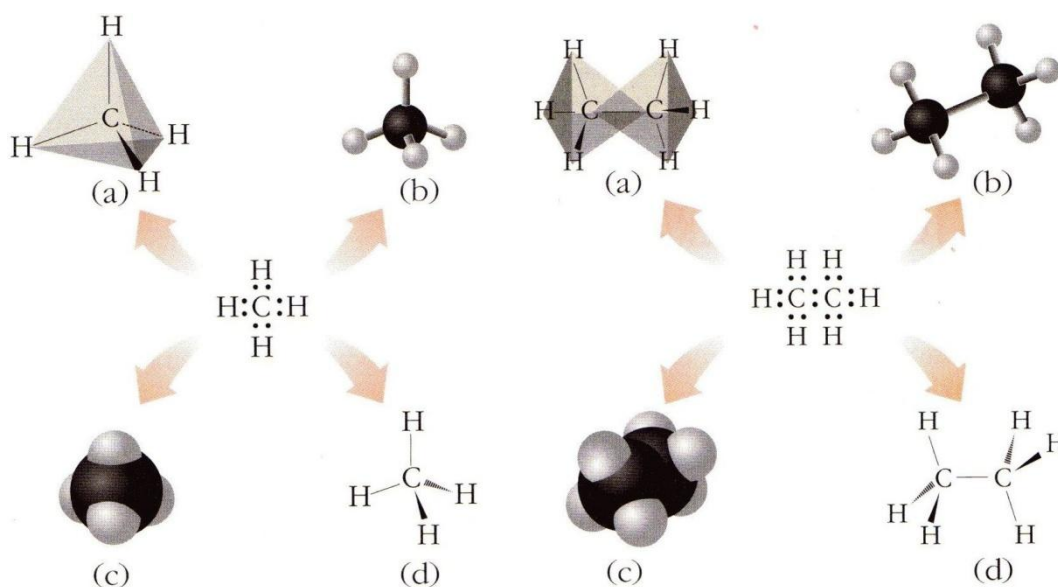


Figura A-3: Modelos de Moléculas Tridimensionais. (Salvador e Usberco, 2000).

- (a) modelo tetraédrico de Van't Hoff.
- (b) modelo conhecido por “pau e bola”.
- (c) modelo “preenchimento espacial”.
- (d) modelo “cunha e traço”.

Neste último modelo:

- representa a ligação entre átomos no plano da folha;
- ◀ representa a ligação entre um átomo que se encontra no plano da folha (ponta) e um átomo situado acima do plano da folha;
- ||||| OU ||||| representa a ligação entre um átomo que se encontra no plano da folha e um átomo situado atrás do plano da folha (ponta).

A.1.2 Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são os compostos orgânicos muito importantes. Eles são substâncias moleculares binárias que possuem apenas os elementos carbono e hidrogênio ($C_x H_y$). (Fonseca, M. R., 2007).

O hidrogênio é monovalente (faz apenas uma ligação covalente) e o carbono é tetravalente (faz quatro ligações covalentes comuns). Como o carbono tem um raio atômico pequeno e faz quatro ligações covalentes, isto o torna muito versátil, permitindo a formação de cadeias carbônicas muito longas e até em quatro direções, justificando o grande número de compostos orgânicos conhecidos.

Quando na cadeia carbonada só existem ligações *covalentes simples*, trata-se de um hidrocarboneto saturado, englobando os alcanos e cicloalcanos. Caso existam ligações *covalentes duplas* ou *triplas* entre os átomos de carbono, trata-se de um hidrocarboneto insaturado, onde encontramos os alcenos, alcadienos, cicloalcenos, alcinos e aromáticos. (Fonseca, M. R., 2007).

Os hidrocarbonetos podem ser divididos em dois grandes grupos, Figura A-4.



Figura A-4: Divisão dos Hidrocarbonetos. (Salvador e Usberco, 2000).

Hidrocarbonetos alifáticos: não contém nenhum anel benzênico e suas cadeias carbonadas podem ser abertas ou fechadas. (Fonseca, M. R., 2007).

- a) Cadeia aberta: alcanos, alcenos e alcinos.
- b) Cadeia fechada: cicloalcenos, cicloalcanos e cicloalcinos.

Alcanos:

Os alcanos são também chamados de parafinas (do latim *parum affins*, pouca afinidade), pois são muito pouco reativos. Eles ocorrem na natureza e estão presentes no petróleo, gás natural, xisto betuminoso e na cera mineral.

São hidrocarbonetos alifáticos saturados, ou seja, apresentam cadeia aberta com ligações simples entre carbonos (C – H ou C – C).

O alcano mais simples e um dos mais importantes é o **metano** (CH_4), conhecido também por gás do lixo, gás dos pântanos ou gás grisú.

Os alcanos possuem uma fórmula geral C_nH_{2n+2} e se apresentam em cadeias lineares ou ramificadas. Nos alcanos os átomos de carbono usam quatro orbitais híbridas para se ligar tetraedricamente a quatro outros átomos (carbono ou hidrogênio).

Na temperatura e pressão ambiente os alcanos mais leves, ordenados em ordem crescente de massa molecular são: o metano (CH_4), etano (C_2H_6), propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}) que são gasosos.

Os lineares mais pesados são líquidos (do pentano C_5H_{12} ao heptadecano) e sólidos (do octadecano em diante).

Quando o número de átomos de carbono na cadeia carbonada é superior a três, as cadeias carbonadas podem ser ramificadas. Exemplo de duas cadeias carbonadas ramificadas, Figura A-5.

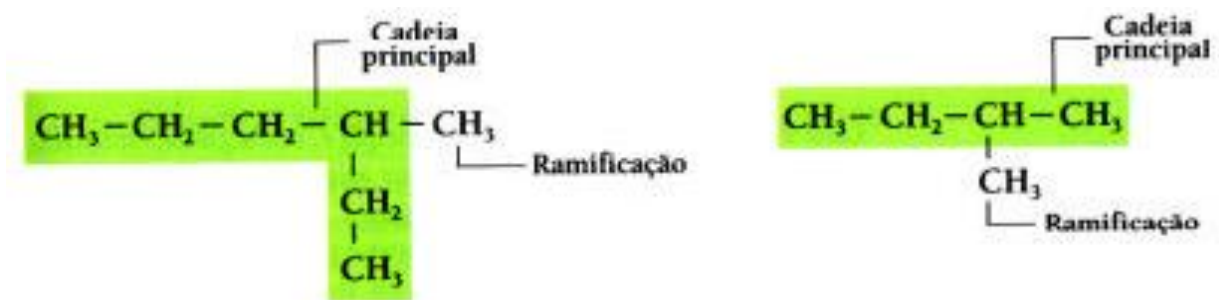


Figura A-5: Cadeias carbonadas ramificadas. (Salvador e Usberco, 2000).

As ligações carbônicas podem ser arranjadas de múltiplas maneiras, formando diferentes isômeros (*dois ou mais compostos que têm a mesma fórmula molecular, mas estruturas tridimensionais diferentes*). O número de isômeros cresce rapidamente com o número de átomos de carbono, Tabela A-1.

Tabela A-1: Número de isômeros. Número teoricamente possível de isômeros para alguns alcanos:

<i>Fórmula do Alcano</i>	<i>Número de isômeros possíveis</i>
C ₄ H ₁₀	2
C ₅ H ₁₂	3
C ₆ H ₁₄	5
C ₇ H ₁₆	9
C ₈ H ₁₈	18
C ₉ H ₂₀	35
C ₁₀ H ₂₂	75
C ₁₅ H ₃₂	4.347
C ₂₀ H ₄₂	336.319
C ₃₀ H ₆₂	4.111.846.763
C ₄₀ H ₈₂	62.491.178.805.831

O nome de todos os alcanos termina com **ano**. A tabela seguinte apresenta os nomes dos alcanos de cadeia normal composta de oito ou menos carbonos, Tabela A-2.

Tabela A-2: Nome dos Alcanos.

<i>Nome do alcano</i>	<i>Fórmula do Alcano</i>
Metano	CH ₄
Etano	C ₂ H ₆
Propano	C ₃ H ₈
Butano	C ₄ H ₁₀
Pentano	C ₅ H ₁₂
Hexano	C ₆ H ₁₄
Heptano	C ₇ H ₁₆
Octano	C ₈ H ₁₈

Alcenos:

Os alcenos também são conhecidos como alquenos ou olefinas (“gerador de óleos”, devido ao aspecto oleoso dos alcenos com mais de 5 carbonos). São hidrocarbonetos alifáticos insaturados, ou seja, apresentam uma dupla ligação (C = C), sendo essa a principal característica da sua estrutura.

Os alcenos ao contrário dos alcanos são muito raros na natureza. O **eteno** (C₂H₄) é o alceno mais simples e importante, é um gás incolor e de sabor adocicado, encontrado principalmente em poços petrolíferos. A fórmula geral dos alcenos é C_nH_{2n}, em que **n** é um número inteiro maior ou igual a 2.

Os alcenos são inodoros, incolores, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos como álcool, éter, benzeno. Os alcenos são utilizados na fabricação de plásticos, borrachas sintéticas, corantes, explosivos, tecidos sintéticos, etc.

Os pontos de fusão e ebulição crescem com aumento da cadeia (massa molecular), são inferiores aos alcanos correspondentes e são isômeros dos ciclanos.

Na temperatura e pressão ambiente os alcenos apresentam a seguinte distribuição:

- C_2H_4 até C_4H_8 são gases
- C_5H_{10} até $C_{16}H_{32}$ são líquidos
- $C_{17}H_{34}$ em diante são sólidos.

Exemplo de uma cadeia carbonada ramificada, Figura A-6.

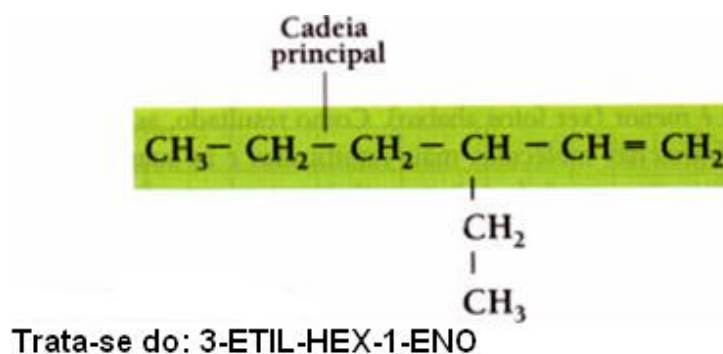


Figura A-6: Cadeia Carbonada Ramificada. (Salvador e Usberco, 2000).

Alcinos:

Os alcinos também chamados de alquinos são hidrocarbonetos de cadeia aberta alifática insaturada com uma ou mais ligações triplas ($C \equiv C$). Os alcinos não são encontrados na natureza.

O Alcino mais simples e importante é o **etino** (C_2H_2), conhecido também por acetileno. Esse composto possui muitas aplicações, dentre elas o uso como gás de maçarico oxiacetilênico, cuja chama azul atinge a temperatura de $3000^\circ C$. O Alcino também é utilizado como matéria-prima na fabricação de borracha sintética que é uma matéria-prima da fabricação de pneus. A fórmula geral dos alcinos é C_nH_{2n-2} , em que n é um número inteiro maior ou igual a 2.

Os alcinos são classificados em verdadeiros ou falsos. Os verdadeiros são mais reativos que os falsos e possuem pelo menos um dos carbonos insaturados ligado a um átomo de hidrogênio ($CH \equiv CH$), já os falsos possuem os dois carbonos insaturados ligados a átomos de carbono ($H_3C - C \equiv C - CH_3$).

Os alcinos são inodoros, incolores, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, entretanto o etino tem cheiro agradável e parcialmente solúvel em água.

Os pontos de fusão e ebulição dos alcinos crescem com o aumento da massa molecular e são superiores aos alcanos e alcenos correspondentes. São isômeros dos alcadienos e cicloalcenos.

Na temperatura e pressão ambiente os alcinos apresentam a seguinte distribuição:

- C_2H_2 até C_4H_6 são gases
- C_5H_8 até $C_{14}H_{26}$ são líquidos
- $C_{15}H_{28}$ em diante são sólidos.

Exemplo de uma cadeia carbonada, Figura A-7.

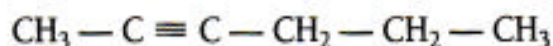


Figura A-7: Cadeia Carbonada. (Salvador e Usberco, 2000).

Ciclanos:

Os ciclanos também chamados de cicloparafinas são hidrocarbonetos de cadeia fechada ou mista, alicíclica e saturada que apresentam apenas ligações simples entre carbonos. Os ciclanos são encontrados na natureza em determinados tipos de petróleo (caucásicos e americanos).

Podemos citar como exemplo de ciclanos o **ciclopentano** (C_5H_{10}), usado em cirurgias para adormecer o paciente e o **ciclo-hexano** (C_6H_{12}), usado como combustível e na produção de ácido adípico, que é uma matéria-prima da fabricação do nylon.

A fórmula geral dos ciclanos é igual à dos alcenos, C_nH_{2n} .

Os ciclanos são razoavelmente reativos quando apresentam de 3 a 5 átomos de carbono na cadeia, e quando o seu ciclo contém 6 ou mais átomos de carbono, eles são estáveis e reagem com dificuldade.

Eles são solúveis em solventes apolares ou fracamente polares (tetracloreto de carbono e éter). No ponto de fusão e ebulição os ciclanos crescem com aumento da massa molecular e o ponto de ebulição deles é mais alto que a dos alcanos normais de igual quantidade de carbonos. São isômeros dos alcenos.

Na temperatura e pressão ambiente os ciclanos apresentam a seguinte distribuição:

- C_3H_6 e C_4H_8 são gases
- C_5H_{10} até C_9H_{18} são líquidos
- $C_{10}H_{20}$ em diante são sólidos.

Exemplo de cadeias fechadas, Figura A-8.

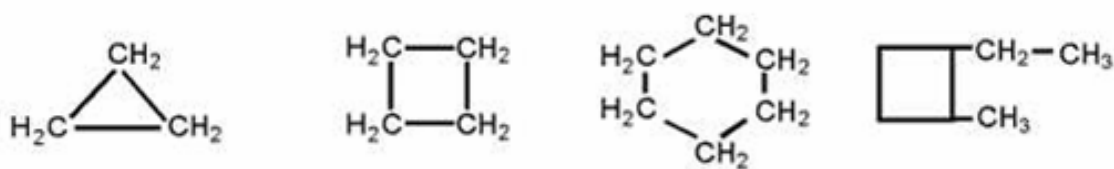


Figura A-8: Cadeias Fechadas. (Salvador e Usberco, 2000).

Ciclenos:

Os ciclenos também chamados de cicloalcenos são hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam uma ligação dupla entre carbonos.

Podemos citar como exemplo de ciclenos o **ciclobuteno** (C_4H_6), usado na indústria química como um monômero (pequena molécula que pode ligar-se a outros monômeros formando moléculas maiores denominadas polímeros) para a síntese de alguns polímeros (compostos químicos de elevada massa molecular relativa) e para um grande número de sínteses orgânicas.

A fórmula geral dos ciclenos é igual à dos alcinos, C_nH_{2n-2} .

Os ciclenos de 3 a 5 carbonos são compostos instáveis devido à elevada tensão no ângulo de ligação entre os átomos de carbono. Os ciclenos com 6 ou mais átomos de

carbono possuem estrutura espacial (como os ciclanos) de tal forma que o ângulo entre as ligações dos carbonos se aproxima do ideal, dando estabilidade à molécula.

Eles são quase que totalmente insolúveis em água devido a sua baixa polaridade e sua incapacidade de formar interações por pontes de hidrogênio. O ponto de ebulição dos ciclenos é maior que a dos alcenos, devido ao maior tamanho da cadeia.

Os ciclenos são isômeros dos alcinos e alcadienos.

Exemplo de cadeias fechadas, Figura A-9.

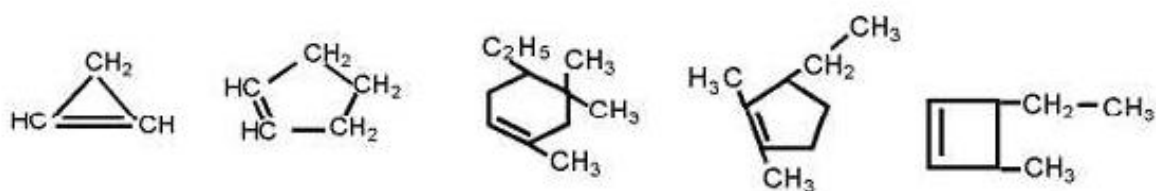


Figura A-9: Cadeia Fechada. (Salvador e Usberco, 2000).

Hidrocarbonetos aromáticos: são aqueles que possuem pelo menos um anel benzênico.

Aromáticos:

Os hidrocarbonetos aromáticos possuem, pelo menos, um anel benzênico nas suas cadeias carbonadas, isto é, um ciclo plano com 6 átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes.

O **benzeno** é o mais simples e importante dos hidrocarbonetos aromáticos (C_6H_6), encontrado no alcatrão de hulha (carvão mineral resultante da fossilização da madeira) e também pode ser obtido pela ciclização do hexano. Este aromático é um líquido entre incolor e amarelado, é tóxico e inflamável.

O metilbenzeno (tolueno) é um aromático derivado do benzeno utilizado na fabricação do explosivo trinitrotolueno (TNT), que por sua vez, é usado como intermediário em produtos químicos de tintura, fotografia e como explosivo.

A fórmula geral dos aromáticos, C_nH_{2n-6} , é válida quando os radicais presos ao núcleo benzênico são saturados.

Os aromáticos mais simples são líquidos e os mais complexos são sólidos.

Um exemplo da estrutura do benzeno, Figura A-10.

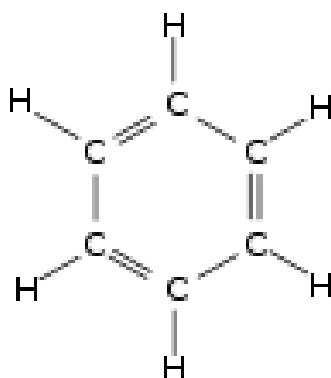


Figura A-10: Estrutura do Benzeno. (Salvador e Usberco, 2000).

Os hidrocarbonetos têm como propriedades gerais:

- Forças de interação molecular**, cujas moléculas se mantêm unidas por forças fracas de Van der Waals (são forças que ocorrem quando a aproximação entre duas moléculas apolares provoca uma assimetria em suas nuvens eletrônicas, dando origem a um dipolo que induz as demais moléculas a também formarem dipolo).
- Pontos de fusão e de ebulição**, como os hidrocarbonetos são apolares possuem baixos pontos de fusão e ebulição em relação aos compostos polares.
- Fase de agregação**: estando em pressão (1 atm) e temperatura ambiente (25°C) e se os hidrocarbonetos possuírem de 1 a 4 carbonos eles serão gasosos, de 5 a 17 carbonos serão líquidos e acima de 17 carbonos serão sólidos.
- Densidade**: sua densidade é menor que a da água (1 g/cm³).

- e. **Solubilidade:** seguindo a regra “semelhante dissolve semelhante”, então os hidrocarbonetos dissolvem-se apenas em substâncias apolares ou de baixa polaridade.
- f. **Reatividade:** nos compostos saturados de cadeia acíclica, nos compostos cíclicos com 6 ou mais carbonos e nos aromáticos sua reatividade é baixa, em compostos insaturados de cadeia acíclica sua reatividade é média e nos compostos cíclicos que possuem de 3 a 5 carbonos sua reatividade é alta.
- g. **Aplicações práticas:** são ótimos combustíveis e formam toda a matéria-prima da indústria petroquímica.
- h. **Propriedades organolépticas** (*diz-se das propriedades que possuem os corpos de impressionar os sentidos*): sendo a classe dos hidrocarbonetos muito extensa, não é possível generalizar suas propriedades (cor, cheiro, aspecto, textura).

Através deste capítulo podemos perceber a importância da Química Orgânica. Só para completar, o número de compostos orgânicos chega a ser 10 vezes maior que os compostos inorgânicos, isto é: só o carbono gera mais compostos que os outros 110 elementos químicos juntos.

E a estrutura espacial desses compostos orgânicos tem uma enorme importância na Química Orgânica e nos seus desdobramentos: Química Farmacológica, Bioquímica, Genética Molecular, etc.

Anexo B - Pedido de Autorização

Santos, 10 de Junho de 2010.

Sra. Renata Maria Smolka e Gaia

Colégio do Carmo

Diretora

Eu, José Avelino dos Santos Moura, RG 15738058, venho através desta solicitar autorização para aplicar a pesquisa de campo intitulada “ **A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular**” aos alunos do 3º. Ano do Ensino Médio.

Essa pesquisa é parte integrante do meu trabalho de Mestrado e consiste em simular através do uso do computador a criação de moléculas de Hidrocarbonetos.

Após a simulação realizada com o uso do computador, os alunos irão responder um questionário que medirá a eficácia da ferramenta utilizada para uma melhor compreensão da Geometria Molecular.

Ressalto alguns pontos importantes em relação à aplicação a ser realizada:

- 1) A participação na pesquisa é voluntária
- 2) Todos os alunos que participarem da pesquisa deverão apresentar a autorização de seus responsáveis
- 3) Não será divulgada a identidade de nenhum dos participantes
- 4) Não haverá qualquer forma de remuneração ou custo para os participantes

A aplicação irá contribuir fortemente para reforçar o aprendizado em sala de aula através do uso da Realidade Virtual como uma poderosa ferramenta de apoio educacional.

Agradeço antecipadamente a atenção dispensada.

José Avelino dos Santos Moura

De acordo.

Anexo C – Autorização dos Pais.



AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, RG/CPF _____, abaixo assinado, responsável por _____, autorizo sua participação na Pesquisa de Campo sobre o tema “A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular”, como sujeito.

Essa pesquisa é parte integrante do trabalho de Mestrado do nosso Prof. José Avelino dos Santos Moura e consiste em simular através do uso do computador a criação de moléculas de Hidrocarbonetos. No programa proposto os alunos irão fazer uma simulação da criação destas moléculas em 3D. Logo após o uso do software será respondido um questionário pelos alunos para avaliar a interação do programa proposto e a sua aplicabilidade na aula de Química.

A aplicação irá contribuir fortemente para reforçar o aprendizado em sala de aula através do uso da Realidade Virtual como uma poderosa ferramenta de apoio educacional.

Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a), sobre os procedimentos envolvidos na pesquisa, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dos envolvidos. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção do acompanhamento/assistência/tratamento prestado ao sujeito pesquisado.

Agradecemos antecipadamente sua atenção.

Santos, 10 de Junho de 2010.

Aluno: _____ Ano : _____

Autorizo: _____
Responsável pelo aluno

Prof. José Avelino dos Santos Moura

UNISANTA – CEP - Tel: 3202-7100 r 263

Anexo D – Questionário.

Avaliação do Sistema:

A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular

Avaliador: _____ Data da Avaliação: ____/____/____.

Nível de escolaridade: () 1º. Grau () Ensino Médio () Superior.

1-) Quanto a finalidade de utilização do programa:

() muito útil () útil () pouco útil

2-) Quanto à interface:

() fácil entendimento dos comandos () médio entendimento dos comandos
() difícil entendimento dos comandos

3-) Quanto a facilidade de uso:

() muito intuitivo () intuitivo () pouco intuitivo

4-) Quanto aos recursos do programa, a experiência proposta:

() foi integralmente desenvolvida
() não foi integralmente desenvolvida por completo.

5-) Os objetos disponíveis permitem:

() conceber a experiência proposta. () conceber parte da experiência proposta
() não permitem conceber a experiência proposta.

6-) Conseguiu visualizar a relação da Geometria Molecular com a Química através da experiência?

() sim () não () em parte

7-) Você acha que a utilização da informática contribui para a aprendizagem?

() sim () não () em parte

8-) Você tem o hábito de utilizar a informática em seus estudos?

() sim () não () em parte

9-) Este espaço foi reservado para observações e sugestões.

Anexo E – Folha de Rosto para Pesquisa.



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP
FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
 (versão outubro/99) Para preencher o documento, use as indicações da página 2.

1. Projeto de Pesquisa:				
2. Área do Conhecimento (Ver relação no verso)		3. Código:		4. Nível: (Só áreas do conhecimento 4)
5. Área(s) Temática(s) Especial (s) (Ver fluxograma no verso)		6. Código(s):		7. Fase: (Só área temática 3) I () II () III () IV ()
8. Unitermos: (3 opções)				
SUJEITOS DA PESQUISA				
9. Número de sujeitos No Centro : Total:		10. Grupos Especiais : <18 anos () Portador de Deficiência Mental () Embrião /Feto () Relação de Dependência (Estudantes , Militares, Presidiários, etc) () Outros () Não se aplica ()		
PESQUISADOR RESPONSÁVEL				
11. Nome:				
12. Identidade:	13. CPF.:	19. Endereço (Rua, n.º):		
14. Nacionalidade:	15. Profissão:	20. CEP:	21. Cidade:	22. U.F.
16. Maior Titulação:	17. Cargo	23. Fone:	24. Fax	
18. Instituição a que pertence:		25. Email:		
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Data: ____/____/____				
Assinatura				
INSTITUIÇÃO ONDE SERÁ REALIZADO				
26. Nome:		29. Endereço (Rua, n.º):		
27. Unidade/Órgão:		30. CEP:	31. Cidade:	32. U.F.
28. Participação Estrangeira: Sim () Não ()		33. Fone:	34. Fax.:	
35. Projeto Multicêntrico: Sim () Não () Nacional () Internacional () (Anexar a lista de todos os Centros Participantes no Brasil)				
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição) : Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução Nome: _____ Cargo: _____ Data: ____/____/____				
Assinatura				
PATROCINADOR Não se aplica ()				
36. Nome:		39. Endereço		
37. Responsável:		40. CEP:	41. Cidade:	42. UF
38. Cargo/Função:		43. Fone:	44. Fax:	
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP				
45. Data de Entrada: ____/____/____	46. Registro no CEP:	47. Conclusão: Aprovado () Data: ____/____/____	48. Não Aprovado () Data: ____/____/____	
49. Relatório(s) do Pesquisador responsável previsto(s) para: Data: ____/____/____ Data: ____/____/____				
Encaminho a CONEP: 50. Os dados acima para registro () 51. O projeto para apreciação () 52. Data: ____/____/____		53. Coordenador/Nome _____ Assinatura		Anexar o parecer consubstanciado
COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA - CONEP				
54. Nº Expediente :	56. Data Recebimento :	57. Registro na CONEP:		
55. Processo :				
58. Observações:				

Anexo F – Declaração do Comitê de Ética.



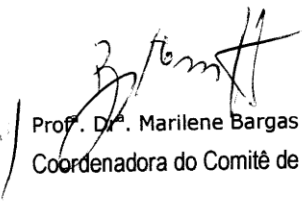
Universidade Santa Cecília

Santos, 29 de julho de 2010.

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o protocolo nº 45/2010 intitulado **"A realidade virtual como uma ferramenta para o ensino da geometria molecular"**, de autoria de **José Avelino de Santos Moura**, sob orientação de **Prof. Dr. Edgard A. Lamounier Jr**, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNISANTA, segundo os critérios éticos apresentados na Resolução 196/96 do CNS/MS e considerado:

- ☒ Aprovado
- ☐ Com pendência
- ☐ Retirado
- ☐ Não aprovado
- ☐ Aprovado e encaminhado para apreciação pelo CONEP


Prof. Dr. Marilene Bargas Rodrigues Alves
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa – UNISANTA