

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Criação, implementação e avaliação do *software* multimídia *Processos Biofísicos da Neurotransmissão*

Samuel Leite Guimarães

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Criação, implementação e avaliação do *software* multimídia *Processos Biofísicos da Neurotransmissão*

Samuel Leite Guimarães

Lúcia de Fátima Estevinho Guido

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade
Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2007

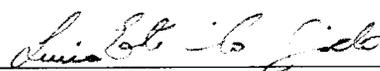
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Criação, implementação e avaliação do *software* multimídia *Processos Biofísicos da Neurotransmissão*

Samuel Leite Guimarães

Aprovado pela Banca Examinadora em: 15 / 02 / 2007

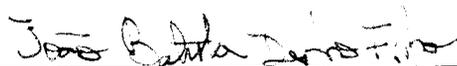
Nota: 100,0



Prof. Dra. Lúcia de Fátima Estevinho Guido
Presidente da Banca



Prof. Dr. Fábio de Oliveira
2º Membro da Banca



Prof. Dr. João Batista Destro Filho
3º Membro da Banca

Uberlândia, 15 de Fevereiro de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Criação, implementação e avaliação do *software* multimídia *Processos Biofísicos da Neurotransmissão*

Samuel Leite Guimarães

Lúcia de Fátima Estevinho Guido
Instituto de Biologia

Homologado pela Coordenação do Curso de
Ciências Biológicas em ___ / ___ / ___.

Vera Lucia de Campos Brites

Uberlândia – MG
Fevereiro - 2007

Dedico este trabalho aos meus grandes amigos *Danilo Ameba, Divino, Julian, Kioski, Naty, Nelião e Zé Daniel*, pois diante da vastidão do espaço, da imensidão do tempo, da beleza e mistérios da vida, é uma alegria partilhar com vocês um planeta, uma época, uma amizade, inúmeros sorrisos... ☺

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e também à minha irmã, que sempre me apoiaram e me ajudaram no que podiam, e por compreender minha ausência em diversos momentos. Sem a ajuda de vocês não teria conseguido chegar até aqui!

Agradeço também a outros membros da minha família, em especial à minha querida avó Romana, por me apoiarem e sempre se interessarem por minha vida acadêmica.

Aos meus amigos por estarem comigo nos momentos de dificuldades e alegrias até a realização de mais essa etapa. Especialmente ao Danilo por ter sido como um irmão mais velho durante a faculdade.

Aos professores de Biofísica: Fábio de Oliveira, Marina Abadia Ramos e Rogério de Freitas Lacerda, pelo apoio à realização das aulas com a utilização do *software*, aplicação dos questionários de opinião dos estudantes, entrevistas, e enorme simpatia.

Aos professores, pesquisadores e aos mais de 117 estudantes envolvidos que forneceram importantes subsídios para o andamento da avaliação proposta neste trabalho.

Aos colegas de turma pelo convívio, amizade e inúmeros momentos de alegria no decorrer do curso.

À Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio fornecido mediante seu Programa Institucional de Bolsas do Ensino de Graduação – PIBEG, sem o qual a etapa de criação do *software* não teria sido realizada.

À Escola de Extensão da Pró-Reitoria de Extensão, Cultura e Assuntos Estudantis da Universidade Federal de Uberlândia pelo empréstimo de material técnico para as entrevistas.

A todos os integrantes do Grupo de Neurociências pelas inúmeras discussões e atividades que levaram ao aprofundamento do meu conhecimento a respeito da neurotransmissão.

Ao pesquisador Daniel Iria Machado por colaborar com a proposta da metodologia de avaliação do *software*.

Especialmente aos professores João Batista Destro Filho, Fábio de Oliveira e Lúcia Estevinho Guido pelo apoio, simpatia e paciência, pois sem vocês, cada uma das etapas deste trabalho não teria sido possível.

A todas as outras pessoas que não foram citadas, mas que de algum modo contribuíram para a realização desta pesquisa, para minha formação como biólogo e também como pessoa.

RESUMO

Neste trabalho apresentam-se resultados de uma pesquisa sobre a criação, implementação e avaliação de um *software* utilizado como apoio didático na disciplina de Biofísica. O *software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, aplicado em turmas de três cursos de graduação (Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas), foi avaliado por meio de questionários de opinião e entrevistas com os estudantes de Biofísica, avaliado tecnicamente por licenciandos de Ciências Biológicas, contando também com entrevistas com os professores que utilizaram o programa em suas aulas. Foram obtidas indicações que os elementos de mídia do *software* favoreceram sobremaneira o entendimento dos alunos a respeito dos fenômenos relacionados à neurotransmissão estudados na disciplina. A maior parte dos estudantes envolvidos na pesquisa avaliou positivamente o *software* quanto a seus aspectos técnicos, pedagógicos e motivacionais. Constatou-se também que, mesmo com algumas modificações e aperfeiçoamentos a serem realizados na estrutura do *software*, ele atende às necessidades dos professores e alunos de Biofísica, dinamizando e facilitando o processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Biofísica; *Software* Educacional; *Software* Multimídia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Informática na educação	2
1.2. Classificação de sistemas multimídia	3
1.3. Desafios no ensino de Biofísica	5
2. METODOLOGIA	8
2.1. Criação do <i>software</i> multimídia para o ensino de Biofísica	9
2.2. Implementação do <i>software</i> em sala de aula	10
2.3. Avaliação do <i>software</i> multimídia	11
2.3.1. Observações em sala de aula	11
2.3.2. Opinião dos estudantes sobre o uso do <i>software</i> multimídia na disciplina de Biofísica	11
2.3.3. Entrevistas com estudantes de Biofísica que utilizaram o <i>software</i>	12
2.3.4. Avaliação técnica do <i>software</i>	12
2.3.5. Entrevista com os professores de Biofísica	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1. <i>Software Processos Biofísicos da Neurotransmissão</i>	14
3.2. Implementação do <i>software</i> nas aulas de Biofísica	19
3.3. Observações em sala de aula	20
3.4. Opinião dos estudantes sobre o uso do <i>software</i> multimídia na disciplina de Biofísica	21
3.5. Entrevistas com estudantes de Biofísica que utilizaram o <i>software</i>	28
3.5.1. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo	29
3.5.2. Aspectos satisfatórios do <i>software</i>	30
3.5.3. Aspectos insatisfatórios do <i>software</i>	31
3.5.4. Percepção de relação entre os temas abordados no <i>software</i>	34
3.5.5. Influência do <i>software</i> na aprendizagem	35
3.6. Avaliação técnica do <i>software</i>	36
3.6.1. Aspectos positivos do <i>software</i>	36
3.6.2. Aspectos negativos do <i>software</i>	38
3.6.3. Possibilidade de aprendizagem com o <i>software</i>	40
3.6.4. Demais itens da ficha de avaliação	41
3.7. Entrevista com os professores de Biofísica	46
3.7.1. Dificuldades no ensino-aprendizagem de Biofísica	47
3.7.2. Possibilidade de apoio do <i>software</i>	48
3.7.3. Metodologia de aplicação em sala de aula	49
3.7.4. Falhas do <i>software</i>	51
3.7.5. Considerações finais a respeito do <i>software</i>	52
4. CONCLUSÃO	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
6. ANEXOS	57

LISTA DE TABELAS

1. Dias, horário, local e professores responsáveis pela disciplina de Biofísica nos cursos de graduação. 10
2. Respostas dos 28 itens contidos no *Questionário de opinião dos estudantes sobre o uso do software na disciplina de Biofísica*. 22
3. Índice de concordância da importância da presença do professor durante as aulas com o *software*. 24
4. Índices de concordâncias parciais dos três cursos de graduação quanto à importância da presença do professor durante as aulas com o *software*. 24
5. Índice de aprovação quanto à utilização do *software* na disciplina de Biofísica pelos estudantes. 25
6. Índice de aprovação dos estudantes quanto à possibilidade de aprendizagem com apoio do *software*. 26
7. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos motivacionais e lúdicos do *software*. 26
8. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos técnicos do *software*. 26
9. Índices de aprovação total e de cada aspecto específico nos três diferentes cursos de graduação. 27
11. Respostas dos licenciados sobre as questões 1 a 39 da *Ficha de avaliação do software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*. 42

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Tela de abertura do <i>software</i> .	14
2. Tela referente ao <i>link Mitocôndria</i> , exibindo um esquema de sua estrutura principal.	15
3. Tela do <i>software</i> referente ao <i>link Estrutura</i> , exibindo modelos da estrutura de alguns lipídios de membrana.	16
4. Tela referente à parte de <i>Estrutura</i> de proteínas canais, exibindo o momento em que a animação é ativada quando o ponteiro do <i>mouse</i> é deixado sobre o canal iônico.	17
5. Tela aberta por meio do <i>link Ação</i> , exibindo o início de uma animação de como é gerado o Potencial de Ação.	18
6. Tela referente ao <i>link Química</i> , exibindo uma animação de como ocorre uma sinapse química excitatória.	19

1.1. Informática na educação

A discussão sobre a inserção e o uso de microcomputadores para melhorar a qualidade do ensino veio se intensificando nos últimos anos e atualmente temos o computador como um aliado para inovações educacionais (TAGIKU, 2001). Entretanto a utilização do computador na educação só faz sentido na medida em que os professores o conceberem como uma ferramenta de auxílio as suas atividades didático-pedagógicas, como instrumento de planejamento e realização de projetos interdisciplinares, como elemento que motiva e ao mesmo tempo desafia o surgimento de novas práticas pedagógicas, tornando o processo ensino-aprendizagem uma atividade inovadora, dinâmica, participativa e interativa (TEIXEIRA, 2003).

Já não mais se discute se o uso do computador é ou não importante para a educação, mas sim como melhor podemos aproveitar os recursos oferecidos por esta ferramenta tão poderosa. Ao comparar o computador aos demais recursos didáticos utilizados atualmente (o giz, a lousa, o retro-projetor, o aparelho de som, o gravador de fitas cassete e vídeos, o rádio e o próprio livro), percebe-se que ele não possui uso limitado e tem como característica a interatividade e a quebra da linearidade que possibilita maior facilidade à aprendizagem individualizada (JOHANSEN, 2002).

Entretanto, apesar dos aspectos positivos do uso do computador na educação citados por Lucena (1994, apud MACHADO, 2006, p. 109-110), como possibilitar maior interação do aluno para a aquisição do conhecimento, permitir a individualização da aprendizagem, tender a estimular, motivar e promover a auto-estima do aluno, proporcionar retroalimentação, controle e avaliação imediatos da aprendizagem; também há os aspectos negativos de sua implementação, como necessitar do apoio custoso de equipamentos, apresentar dificuldades para sua constante atualização, exigir conhecimentos prévios, demandar maior tempo do professor para o planejamento, implementação e avaliação, depender de disposição e habilidades específicas do aluno, tais como a visual e de leitura.

Outra preocupação dos educadores não é somente a utilização ou não do computador em sala de aula, mas principalmente a qualidade dos *softwares*¹ educativos utilizados. Diversos pesquisadores (CAMPOS et al., 1996; GALVIS-PANQUEVA, 1997, JOHANSEN, 2002) não

¹ *Software*, logiciél ou programa de computador é uma seqüência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento. *Software* também é o nome dado ao comportamento exibido por essa seqüência de instruções quando executada em um computador ou máquina semelhante. Tecnicamente, é também o nome dado ao conjunto de produtos desenvolvidos durante o Processo de *Software*, o que inclui não só o programa de computador propriamente dito, mas também manuais, especificações, planos de teste, etc. (WIKIPÉDIA, 2007).

só citam em suas pesquisas a importância da qualidade desses *softwares*, como também realizaram trabalhos sobre avaliação ou desenvolvimento de *softwares* educacionais de qualidade (BERTOLDI, 1999; GLADCHEFF et al., 2001; MACHADO; SANTOS, 2004; MACHADO, 2006). Ou seja, não devemos apenas utilizar o computador em sala de aula como uma ferramenta de ensino, é necessário escolher com cautela os programas a serem usados.

1.2. Classificação de sistemas multimídia

Segundo Conklin (1987, apud MACHADO, 2006, p. 120-122), os sistemas multimídia, dependendo de suas características peculiares e as aplicações a que se destinam, podem ser classificados em quatro áreas abrangentes:

a) Sistemas macro literários: são como bibliotecas virtuais nas quais as ligações entre os documentos são realizadas com o emprego da máquina, onde os leitores podem adicionar suas contribuições à rede sem que se percam os documentos originais, possibilitando a leitura, a colaboração, a crítica e a publicação na própria rede.

b) Ferramentas de exploração de problemas: são *softwares* que se constituem basicamente em ferramentas que apóiam o processo de autoria, resolução de problemas, programação e delineamento de projetos, quando o pensamento ainda não foi muito estruturado, encontrando-se em uma fase inicial de elaboração na qual surgem várias idéias ainda desconectadas. Esses sistemas de autoria-pensamento-programação apresentam mecanismos adequados para filtrar, organizar e percorrer amplas quantidades de informação relativamente desestruturada.

c) Sistemas de navegação: são similares aos sistemas macro literários, mas menores em escala, voltados para o ensino, referência e a informação pública. Nesses sistemas, a facilidade para o uso e a interface amigável é essencial, e em geral, esses sistemas não possibilitam que o usuário comum adicione novas informações.

d) Tecnologia geral de hipertexto: são sistemas de propósito geral, projetados para permitir a realização de experimentos em diversos tipos de aplicação da hipermídia, tais como leitura, escrita e colaboração, dentre outros. Sua principal finalidade é a experimentação da hipermídia em si enquanto tecnologia.

Jonassen (1986, apud MACHADO, 2006, p. 122-126) classifica os *softwares* de acordo com sua estrutura de *navegação*: segmentado ou *nó-link*, estruturado e hierárquico.

a) Sistema hipermídia segmentado ou *nó-link*: funciona como um glossário de acesso não-seqüencial, possibilitando o acesso direto a qualquer nó do sistema. Esse sistema pode ser constituído por meio de um sumário que possibilita o acesso aos nós cujo conteúdo se deseja examinar.

b) Sistema hipermídia estruturado: é constituído por blocos de nós, cada qual acessível a partir de qualquer outro conjunto. Cada bloco de nós consiste de um arquivo de texto ou banco de dados separado, com o sistema hipermídia atuando enquanto metabanco de dados, que controla o acesso a cada um dos bancos de dados específicos. De qualquer tela desse conjunto de nós, constituindo uma unidade, poderia ser acessado um outro conjunto, correspondente a outra unidade.

c) Sistema hipermídia hierárquico: o conteúdo é estruturado de modo hierárquico, com o texto correspondente a um conceito mais específico incluído naquele de um conceito mais geral. A hierarquia estabelecida exige que os usuários se movam para cima e para baixo ao longo desta para acessar os conceitos relacionados. O movimento do usuário pode dar-se somente ao longo da hierarquia, com a restrição dos movimentos laterais a termos relacionados ou sinônimos.

Por fim, Alves (2006) cita que os *softwares* podem ser classificados de acordo com a forma como usuário interage com eles, assim, há várias propostas com grandes grupos para a classificação:

a) *Software* de referência: são aqueles que apresentam informações a respeito de assuntos diversos, como as enciclopédias;

b) *Software* de apoio pedagógico: são aqueles que contribuem para o reforço de conteúdos apresentados ou funcionam para a introdução de novos conteúdos. Podem ser de exercício e prática, ou proporem atividades tipo acerto/erro;

c) *Software* de simulação: permite a visualização virtual de situações reais por meio de vídeos e animações;

d) Jogos educativos: têm o objetivo de divertir, porém exigem conhecimentos de determinados conteúdos;

e) Tutoriais: orienta o usuário para uma interação mais produtiva, permitindo o controle do grau de dificuldade e da seqüência;

f) *Software* de autoria: são *softwares* equipados com diversas ferramentas que permitem o desenvolvimento de projetos multimídia.

O *software* multimídia para o ensino de Biofísica proposto e avaliado neste trabalho pode ser classificado então como um sistema de *navegação*, com uma estrutura hierárquica, tendo como principal forma de interação com o usuário a simulação.

1.3. Desafios no ensino de Biofísica

A disciplina de Biofísica é de extrema importância para os cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas (dentre outros cursos da área das Biomédicas), pois constitui a base conceitual de trabalho necessária para disciplinas de Fisiologia e Farmacologia, e além do ponto de vista de utilização profissional, conhecimentos de Biofísica da membrana celular são fundamentais. Por outro lado, devem-se destacar algumas dificuldades relacionadas à aprendizagem de alguns conceitos da Biofísica oriundas da riqueza de detalhes que caracteriza o mundo biológico: de um lado, a multiplicidade de microestruturas nos ambientes internos e externos à célula, e de outro, a complexidade da cadeia de fenômenos físico-químicos. Conseqüentemente, o conteúdo programático da disciplina é extenso e exige um estudo minucioso dos diversos tópicos constituintes da disciplina, para a integração do conhecimento entre os diferentes níveis biológicos envolvidos. Como exemplo, podemos citar o estabelecimento de relação lógica direta entre a síntese de neurotransmissores no citoplasma de um neurônio e a passagem de íons através dos canais iônicos associados à membrana pós-sináptica.

O conhecimento aprofundado em Biofísica, em particular dos processos de neurotransmissão, é fundamental para romper algumas barreiras da área médica, como por exemplo, o desenvolvimento de terapias voltadas para dor, distrofia e doenças auto-imunes. As futuras terapias poderão ser baseadas em engenharia neural (como os neuroimplantes) (BERGER, 2001), síntese de fármacos mais eficientes para minimizar efeitos colaterais, terapia celular, etc. Isso exige trabalhos multidisciplinares, como o projeto Genoma, a Neuroinformática e a Biologia Computacional (BARDAKJIAN et al., 2003).

Para facilitar o entendimento do funcionamento de todas as estruturas biológicas em conjunto, é necessária uma visão mais clara dos processos fisiológicos e estruturas envolvidas, que devem ser precisamente localizadas no espaço tridimensional. Além disso, tanto os processos fisiológicos quanto estruturas biológicas podem fazer parte de uma seqüência ordenada de eventos, por exemplo, de uma animação, que deverá acontecer de forma coerente com a cadeia temporal de fenômenos físico-químicos.

Tendo em vista as dificuldades e o relevante impacto do ensino da Biofísica para a seqüência de disciplinas do curso de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas, bem como para o futuro profissional dos estudantes, torna-se importante reunir esforços para aprimorar os recursos didáticos disponíveis para o professor com o intuito de enriquecer ao máximo suas aulas a fim de manter a motivação dos estudantes pela disciplina como também o seu interesse por essa área do conhecimento.

Um recurso interessante seria o uso de aulas práticas de biofísica celular, como por exemplo, a visualização do funcionamento individual ou em conjunto de canais iônicos via *Patch Clamp* (KANDEL et al., 2000). Entretanto, é alto o custo destes equipamentos de instrumentação em nível de fisiologia celular, sendo necessário buscar novas maneiras de ilustrar de forma integrada e interativa esses mesmos fenômenos, como por exemplo, o uso de animações inteligentes em computador para facilitar o entendimento dos estudantes, um recurso pedagógico simples e barato.

A grande maioria das animações existentes disponibilizadas na internet dedicadas ao ensino geral de biologia celular apresenta duas limitações principais. Primeiro, as animações existentes exibem apenas alguns fenômenos isolados da extensa cadeia de reações físicas e químicas da neurotransmissão, por exemplo, somente a síntese de neurotransmissores no citoplasma ou então a passagem de íons através dos canais iônicos da membrana pós-sináptica, ou seja, tais animações não proporcionam a visualização de todas as principais rotas de fenômenos da neurotransmissão, apenas pequenas partes dessa. Segundo, a grande maioria das animações existentes está escrita em língua inglesa (MATTHEWS, 2006), o que dificulta sobremaneira o entendimento por parte dos alunos brasileiros.

Desta maneira, o aprendizado da Biofísica exige o uso da informática, em particular de animações que permitam uma visualização integrada da complexa cadeia de fenômenos físicos e bioquímicos, o que permite uma melhor compreensão da evolução dos processos da Biofísica celular.

Parece haver um consenso, mesmo que intuitivo, sobre a multimídia trazer bons resultados no ensino-aprendizagem, apesar do número de pesquisas sobre isso ainda ser muito pequeno. Assim sendo, há certa pressão em relação ao uso da informática na educação, mas quais são os resultados comprovados de seu uso em relação a maior eficácia da aprendizagem? Os alunos realmente aprendem mais e melhor usando as ferramentas que o computador disponibiliza? Essas são algumas das questões que ainda não receberam devida atenção (COSCARRELLI, 1998).

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um *software* de animação dos principais fenômenos da biofísica celular para utilização pedagógica na disciplina de Biofísica para os cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia. Objetivou-se também, aplicar instrumentos de avaliação para averiguar o potencial didático do *software*.

2. METODOLOGIA

A idéia deste trabalho nasceu no início no ano de 2004. Um projeto para a criação do *software* para servir de apoio didático à disciplina de Biofísica foi escrito pelo pesquisador e pelo professor João Batista Destro Filho, e aceito pelo Programa Institucional de Bolsas do Ensino de Graduação (PIBEG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Conforme o edital do programa, o PIBEG tem por objetivo geral incentivar o desenvolvimento de projetos que contribuam para a melhoria da qualidade do ensino dos cursos de graduação da UFU, e por objetivos específicos:

- Incentivar o envolvimento de docentes e estudantes em projetos que visem a solução de problemas didático-pedagógicos de cursos de graduação;
- Fomentar a interação entre disciplinas e entre Unidades Acadêmicas na resolução de problemas comuns;
- Auxiliar os Colegiados de cursos de graduação no desenvolvimento de ações que visem o aprimoramento do ensino;
- Proporcionar ao estudante o aprendizado sobre o desenvolvimento de disciplinas práticas e/ou teóricas, domínio de técnicas, elaboração de material didático, demais atividades de ensino, conforme a proposta apresentada em projeto;
- Estimular a interdisciplinaridade;
- Oferecer oportunidades de participação em Atividades Acadêmicas Complementares.

Sendo assim, o *software* foi desenvolvido pelo pesquisador durante os meses de Março de 2004 à Fevereiro de 2005.

Esta etapa do trabalho consistiu-se de diversas atividades, pois para a montagem do *software* foi necessário o estudo aprofundado em vários livros sobre a estrutura da membrana celular (ALBERTS, 1997; KANDEL et al., 2001; LEHNINGER et al., 2002), como também a morfologia e fisiologia de diversos tipos de proteínas de membrana, especialmente canais iônicos. Essa etapa foi realizada num grupo multidisciplinar de estudos, o *Grupo de Neurociências - UFU*, que agrega alunos e professores dos cursos de graduação de Física, Ciências Biológicas, Medicina, Matemática, Química, Engenharia Elétrica, entre outros. Esse

grupo multidisciplinar de estudos é coordenado pelo Prof. Dr. João Batista Destro Filho da Faculdade de Engenharia Elétrica / UFU.

Nesse grupo foram estudados conceitos da Biofísica de membrana celular, em particular da neurotransmissão, onde houve um levantamento cuidadoso das diversas etapas do processo de neurotransmissão, principais organelas, substâncias químicas e reações envolvidas, simulações de etapas da neurotransmissão em circuitos elétricos, entre outras atividades práticas. O objetivo foi gerar um conhecimento aprofundado tanto biológico quanto exato da fisiologia neural.

2.1. Criação do *software* multimídia para o ensino de Biofísica

Para a montagem do *software* de animação, foi utilizado o programa *Macromedia Flash MX Versão 6.0* © 1993-2002. Paralelamente às reuniões do grupo multidisciplinar de estudos, foram realizadas reuniões semanais com os professores Dr. Fábio de Oliveira, do Instituto de Ciências Biomédicas (professor da disciplina de Biofísica e Coordenador do projeto PIBEG), e Dr. João Batista Destro Filho, da Faculdade de Engenharia Elétrica (Orientador do projeto PIBEG e Co-orientador deste trabalho). O objetivo dessas reuniões era determinar qual seria o conteúdo abordado pelo *software* com base nos livros *Fundamentos da Neurociência e do Comportamento* (KANDEL et al., 2001), *Biologia Molecular da Célula* (ALBERTS, 1997) e *Princípios de Bioquímica* (LEHNINGER et al., 2002).

Nessas reuniões, além de determinarmos o conteúdo do *software*, foram exibidos os avanços semanais realizados nas animações e em seu conteúdo geral, a fim de que pudessem ser feitas correções e sugestões em sua estrutura. Os textos do *software* foram redigidos pelo pesquisador a partir da pesquisa bibliográfica nos livros utilizados no grupo multidisciplinar de estudos.

Um manual detalhado contendo informações a respeito do conteúdo e manuseio do *software* encontra-se reproduzido no Anexo 1

2.2. Implementação do *software* em sala de aula

A disciplina de Biofísica é ministrada nos seguintes cursos de graduação da Universidade Federal de Uberlândia: Medicina (1º período), Medicina Veterinária (1º período) e Ciências Biológicas (3º período). Esta disciplina possui uma carga horária teórica e prática, e o *software* está sendo aplicado desde o 1º semestre letivo de 2005. As turmas que avaliaram o *software* cursaram a disciplina Biofísica no segundo semestre letivo de 2006, e nessas turmas o *software* foi aplicado nas aulas práticas². Na Tabela 1 são mencionados os dias, o horário, o local e o professor responsável pela disciplina durante as aulas teóricas e o professor que aplicou o *software* durante as aulas práticas para os alunos avaliadores. Todas as aulas que utilizaram o *software* foram acompanhadas pelo pesquisador. O laboratório de informática foi reservado para que pudesse ser utilizado pela disciplina nos dias e horários específicos de cada turma.

Tabela 1. Dias, horário, local e professores responsáveis pela disciplina de Biofísica nos cursos de graduação.

Cursos	Dia	Horário	Local	Professor responsável pelas aulas teóricas	Professor responsável pela aplicação do <i>software</i>
Ciências Biológicas	10/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Rogério F. Lacerda	Rogério F. Lacerda
Medicina	21/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Fábio de Oliveira	Rogério F. Lacerda
Medicina Veterinária	22/11/06	14:00 as 17:00	Bloco 4K	Rogério F. Lacerda	Rogério F. Lacerda

O conteúdo do *software* foi instalado nos 17 computadores do laboratório de informática, e como cada uma das duas turmas de cada curso possui em média 20 estudantes, alguns formaram duplas ao utilizar os computadores.

De acordo com um roteiro composto por seis questões entregue aos alunos (Anexo 2), estes foram orientados na *navegação* pelo *software*. Entretanto, os alunos foram recomendados a não se aterem muito ao roteiro, pois este poderia ser respondido com auxílio dos livros citados na bibliografia recomendada pelos professores, sendo que a livre *navegação* pelo *software* foi mais incentivada. Os alunos também foram instruídos para que, caso houvesse qualquer dúvida, tanto com relação ao *software* quanto com relação ao conteúdo exibido, o professor ou o pesquisador poderiam ser chamados para atendê-los.

² Nas aulas práticas de Biofísica, as turmas de cada curso são divididas em dois grupos. Assim sendo, cada grupo se dirigiu ao laboratório de informática na data e horário especificado pelo professor da disciplina. Portanto, nos horários informados na Tabela 1, para cada dia, foram ministradas duas aulas utilizando o *software* a cada um dos cursos de graduação envolvidos.

2.3. Avaliação do *software* multimídia

A avaliação do *software* constituiu de cinco diferentes instrumentos de análise, sendo eles: observação livre que o pesquisador realizou durante as seis aulas dadas aos estudantes de Biofísica nos cursos de Medicina, Medicina Veterinária e Ciências Biológicas; fichas respondidas e entregues pelos estudantes desta disciplina contendo suas opiniões sobre o *software* em geral; entrevistas com estudantes de Biofísica a fim de captar mais detalhes de suas opiniões sobre determinados aspectos do *software*; fichas de avaliação técnica do *software* entregue aos estudantes de Ciências Biológicas matriculados na disciplina Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia; e entrevistas realizadas com os professores de Biofísica que utilizaram o *software* em suas aulas.

2.3.1. Observações em sala de aula

Durante a realização das aulas de Biofísica no laboratório de informática, foi feita uma observação livre, não estruturada, dos comportamentos e reações dos alunos durante as aulas com o *software*. A partir dessas observações, foi gerado um relatório detalhado que forneceu dados para a avaliação do *software*.

2.3.2. Opinião dos estudantes sobre o uso do *software* multimídia na disciplina de Biofísica

Para esta etapa do trabalho, foi desenvolvida uma ficha contendo 28 itens (Anexo 3) com o propósito de avaliar a opinião dos alunos sobre a influência do sistema multimídia e seu uso na disciplina de Biofísica, além de itens para avaliar a qualidade do *software*. Os itens continham afirmações referentes aos aspectos técnicos do *software*, aspectos motivacionais e lúdicos, e aspectos sobre a possibilidade de aprendizagem com o auxílio do mesmo. Esta ficha foi baseada no questionário desenvolvido e validado por Athayde (1990), utilizado também por Machado; Santos (2004) e Machado (2006).

O *Questionário de opinião dos estudantes sobre o uso do software na disciplina de Biofísica* foi entregue a todos os estudantes dos três cursos de graduação que compareceram às aulas de Biofísica no laboratório de informática.

Nessa ficha os estudantes deveriam assinalar se as afirmações contidas em cada um dos 28 itens estavam ou não de acordo com sua opinião, ou se eram indiferentes quanto àquele item.

2.3.3. Entrevistas com estudantes de Biofísica que utilizaram o *software*

Com o intuito de aprofundar o conhecimento da opinião dos estudantes quanto ao *software* utilizado nas aulas de Biofísica, cinco alunos desta disciplina foram entrevistados após entregar o questionário de opinião dos estudantes. As entrevistas foram realizadas com alunos que se dispuseram a colaborar com a pesquisa, portanto não foram escolhidos. O roteiro para a entrevista encontra-se reproduzido no Anexo 4.

2.3.4. Avaliação técnica do *software*

Para esta etapa da avaliação do *software*, foi elaborada uma ficha contendo 42 itens. Esta ficha foi elaborada com base na ficha de avaliação utilizada no Programa Nacional do Livro Didático (BRASIL, 2005), na ficha de avaliação de *softwares* desenvolvida por Athayde (1990), nos critérios de avaliação de sistemas hipermídia educacionais considerados por Campos (1994) e no questionário de avaliação do *software* hipermídia *Tópicos de Física Moderna* utilizado por Machado (2006).

Na Ficha de Avaliação do *software* *Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, reproduzida no Anexo 5, os itens 1 a 39 foram divididos em quatro grupos abrangendo conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógico-metodológicos, aspectos editoriais / visuais, e aspectos técnicos; os itens 40 a 42 são questões abertas que relacionam características positivas e negativas do *software*, bem como sua utilização.

Nos itens 1 a 39, o avaliador deveria assinalar se os aspectos descritos contidos em cada uma das 39 questões estavam presentes no *software* integralmente, parcialmente, ou se não foram verificados.

A ficha de avaliação foi aplicada aos estudantes do 7º período do curso de licenciatura em Ciências Biológicas matriculados na disciplina Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia. Os estudantes foram divididos em duas turmas e cada uma delas se dirigiu ao laboratório de informática no dias e horários especificados pela professora da disciplina. O

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*

O *software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, elaborado com o programa *Macromedia Flash MX Versão 6.0* © 1993-2002, é dividido em sete janelas principais: *Tela de abertura*, *A célula*, *Membrana*, *Transporte*, *Canais iônicos*, *Potenciais* e *Sinapse*. Na Figura 1, pode-se observar a tela de abertura do *software*, contendo sua apresentação geral. Nesta tela está o *link Continuar* que acessa a segunda tela principal do programa.



Figura 1. Tela de abertura do *software*.

A próxima tela é a referente à *Célula*: imagens e textos ilustrando e explicando a morfologia e fisiologia das principais organelas celulares, retículos, ribossomos, complexos de Golgi, lisossomos, mitocôndrias, citoesqueleto, núcleo e o citosol. Como se pode observar, apesar de algumas das estruturas não se tratarem de organelas, também foram abordadas nesta

parte do programa. O objetivo desta parte do *software* é resgatar os conhecimentos dos alunos sobre as principais funções e a estrutura geral das principais organelas celulares.

Na Figura 2, por exemplo, pode-se observar a tela referente ao *link Mitocôndria*, exibindo uma ilustração esquemática de sua estrutura. Ainda na Figura 2, pode-se notar também o *link Texto* que acessa a parte textual que explica a morfofisiologia desta organela. Toda imagem é seguida de um texto complementar acessado pelo botão *Texto*.

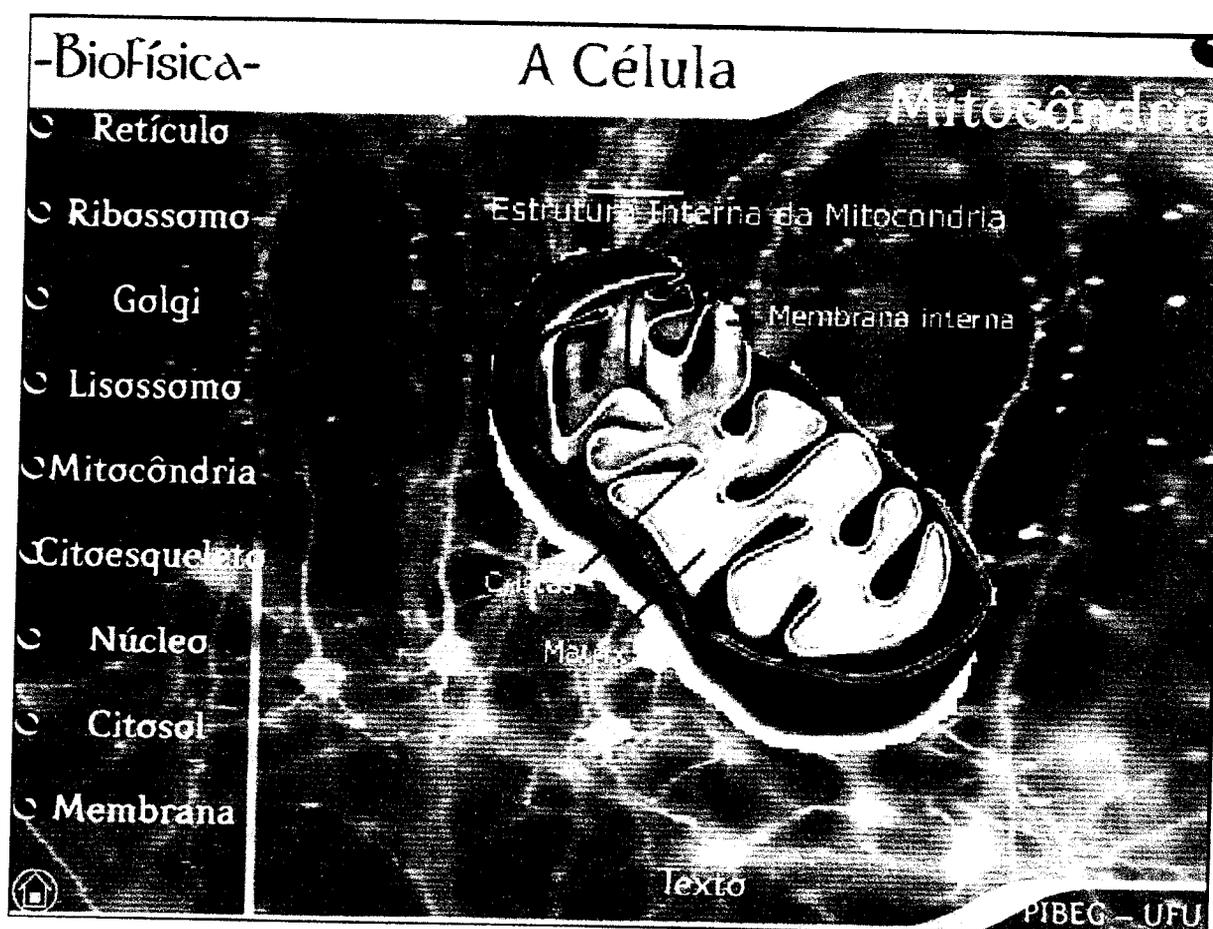


Figura 2. Tela referente ao *link Mitocôndria*, exibindo um esquema de sua estrutura principal.

O último *link* do *menu* desta janela permite acessar a terceira janela principal do *software*: *Membrana*. Esta possui ilustrações esquemáticas e textos que explicam sobre a estrutura de membrana, composição e diversidade de lipídios de membrana (Figura 3), como se forma a bicamada lipídica, assimetria da membrana celular e fluidez de membrana. Também possui esquemas e textos ilustrando e explicando como diferentes tipos de proteínas podem estar associadas à membrana. A imagem referente às proteínas de membrana exibe legendas à medida que o *mouse* é posicionado sobre as diferentes proteínas.

O objetivo desta parte do *software* é fornecer explicações um pouco mais aprofundadas sobre a estrutura molecular das membranas biológicas, mostrando a composição de alguns

fosfolipídios e glicolipídios, formação e fluidez da membrana, bem como as proteínas que estão associadas a ela. O último *link* desta parte, permite acessar a próxima janela principal do software: *Transporte*.

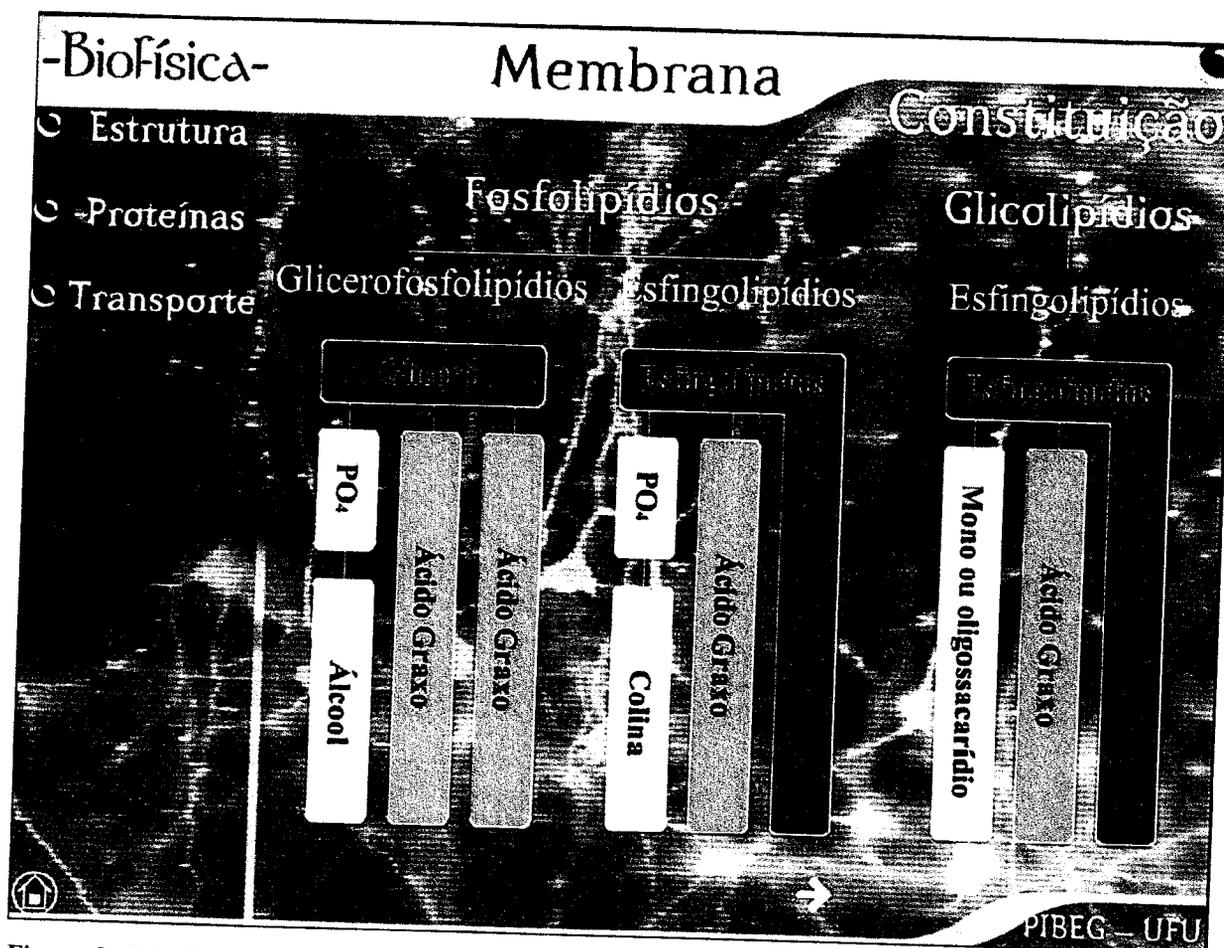


Figura 3. Tela do software referente ao *link* *Estrutura*, exibindo modelos da estrutura de alguns lipídios de membrana.

A janela *Transporte* possui apenas dois *links* principais no menu, *Carreadoras* e *Canais*.

O *link* das proteínas carreadoras exibe algumas animações exemplificando algumas de suas funções. O objetivo é mostrar como acontece o funcionamento geral das proteínas carreadoras, exemplificando como ocorrem os sistemas de transporte uniporte, simporte e antiporte. O *link* *Canais* do menu permite acessar a quarta janela principal do programa, que é referente às proteínas canais.

Na janela *Canais*, encontram-se *links* que acessam as partes de *Estrutura*, *Propriedades* e *Tipos*, que contém tanto animações quanto textos exibindo e explicando as estruturas principais de um canal iônico, as propriedades que eles exibem devido detalhes de sua constituição, e alguns dos diversos tipos existentes dessas proteínas.

Na Figura 4 pode-se observar a tela referente ao *link* de *Estrutura*, onde é exibida uma animação mostrando esquemas das estruturas dos canais iônicos. Pode-se notar também que a animação e uma legenda são ativadas quando o ponteiro do *mouse* se posiciona sobre o canal iônico. O *link* *Potenciais* nesta tela permite acessar a próxima tela principal do programa, que possui o mesmo nome do *link*.

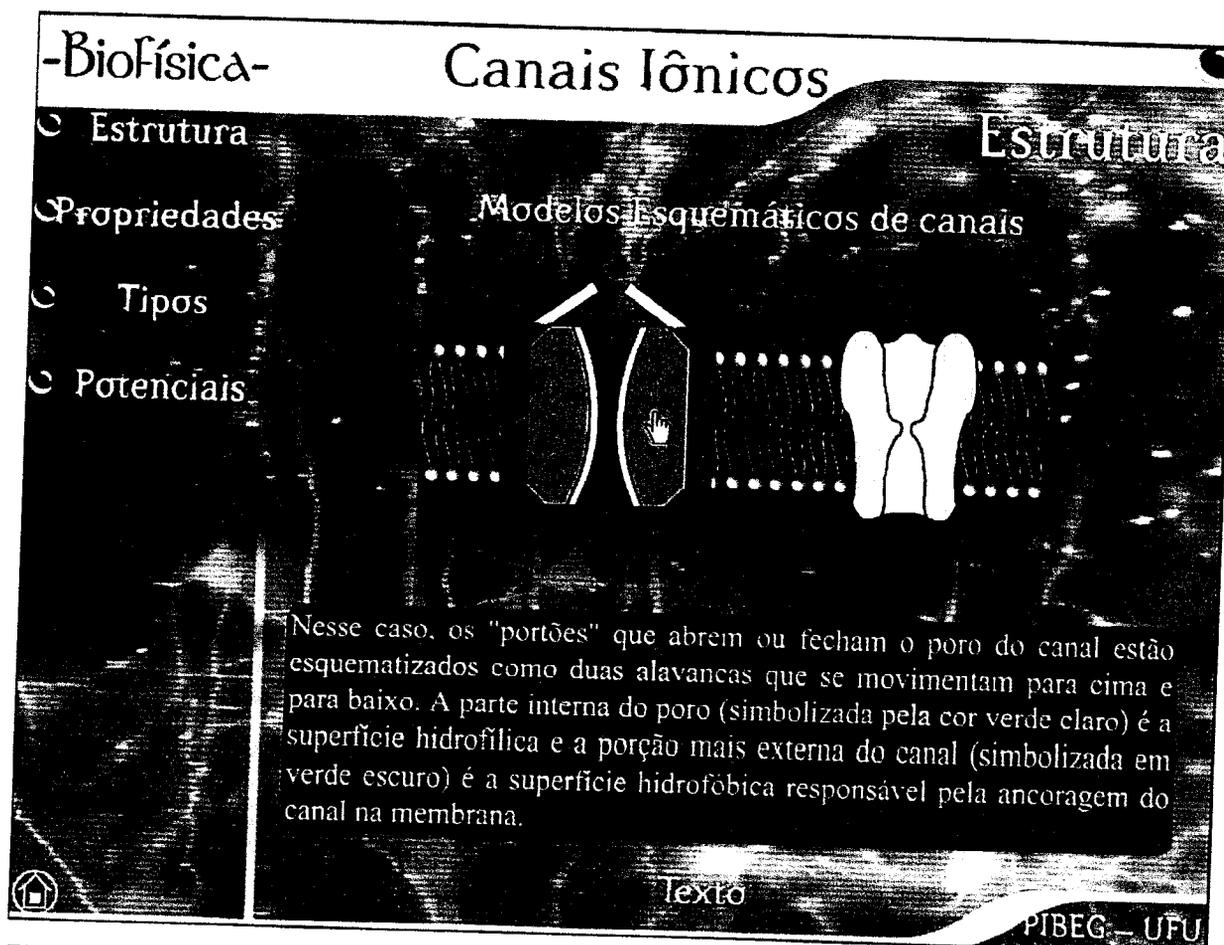


Figura 4. Tela referente à parte de *Estrutura* de proteínas canais, exibindo o momento em que a animação é ativada quando o ponteiro do *mouse* é deixado sobre o canal iônico.

A quinta tela principal chama-se *Potenciais*. Nesta parte do *software* podem-se acessar animações e informações a respeito dos potenciais de repouso, potenciais de ação, e como o potencial de ação é propagado através de axônios mielinizados e não mielinizados. O objetivo desta etapa é ilustrar através de animações todos os processos citados acima, mostrando ao aluno os modelos mais aceitos atualmente que explicam tais fenômenos.

Na Figura 5 pode-se observar a tela aberta pelo *link* *Ação*, onde é exibida uma animação de como é formado o potencial de ação. O último *link* do *menu* desta tela permite acessar a sexta e última janela principal do *software*.

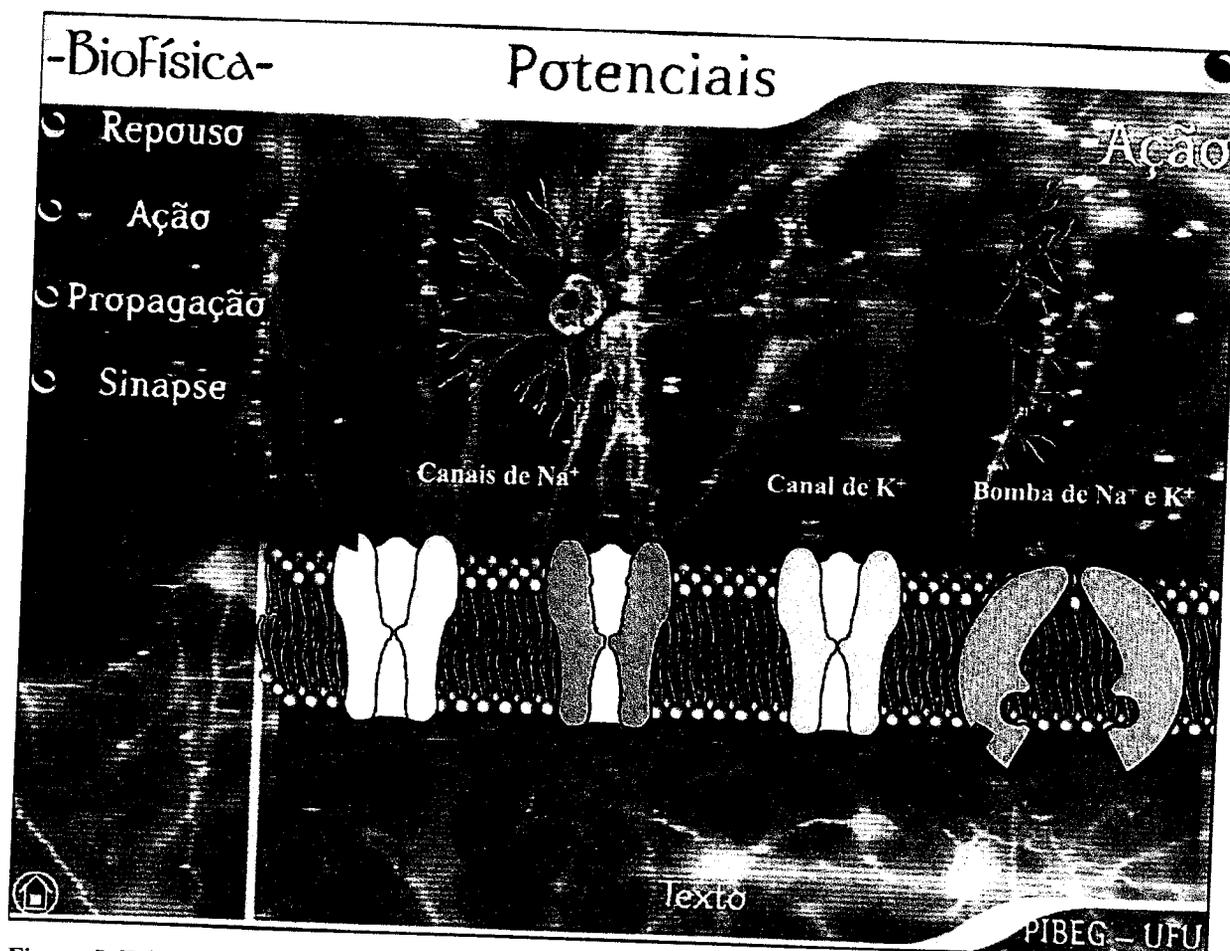


Figura 5. Tela aberta por meio do link *Ação*, exibindo o início de uma animação de como é gerado o Potencial de Ação.

A última janela principal do *software* chama-se *Sinapse*. Nela encontram-se animações e textos sobre como e onde ocorrem as sinapses elétricas e químicas. Nesta parte do *software* também se encontra animações e informações sobre os tipos de receptores das sinapses químicas excitatórias e inibitórias, e como os receptores podem participar de outros processos celulares relacionados às sinapses. Na Figura 6 pode-se observar o momento em que um canal ligando-dependente de sódio se abre permitindo a passagem dos íons Na^+ para que ocorra a despolarização da membrana pós sináptica.

O objetivo desta última etapa do *software* é mostrar como que todos os processos estudados e visualizados anteriormente contribuem para a formação e transmissão do impulso nervoso a fim de que diversas funções corporais possam ser realizadas.

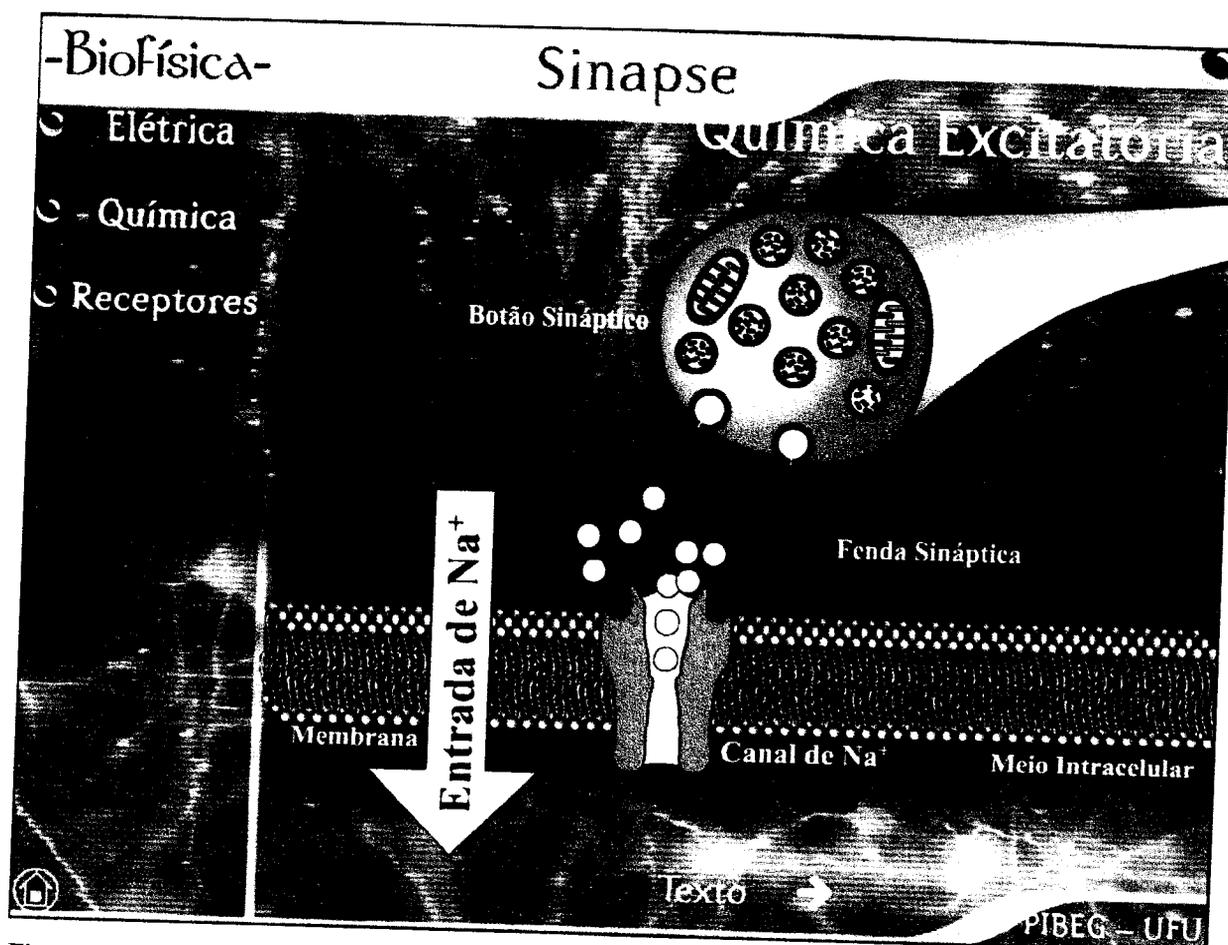


Figura 6. Tela referente ao link *Química*, exibindo uma animação de como ocorre uma sinapse química excitatória.

Outras informações e detalhes de cada tela do *software* podem ser encontrados no Anexo 1, que contém uma reprodução do *Manual do Usuário*.

3.2. Implementação do *software* nas aulas de Biofísica

O *software* proposto vem sendo utilizado desde o primeiro semestre letivo de 2005. Portanto, até a realização deste trabalho, 12 turmas dos cursos de Ciências Biológicas, Medicina e Medicina Veterinária utilizaram o programa.

Os professores de Biofísica aplicaram o *software* de acordo com sua própria metodologia de aula. Inicialmente, o *software* era utilizado pelos professores no final do módulo de Biofísica de membranas, sendo aplicado com auxílio de um *data-show* em uma aula expositiva final para encerrar o conteúdo e sanar as possíveis dúvidas dos alunos. Posteriormente, os professores ao invés de ministrar esta aula final, passaram a levar os

alunos a um laboratório de informática para que pudessem, eles mesmos, *navegar* pelo programa.

É importante salientar mais uma vez que, a avaliação da opinião dos alunos de Biofísica sobre o *software* e as entrevistas com os mesmos, se restringiram às turmas do segundo semestre letivo de 2006 dos cursos citados acima. Já as discussões realizadas ao longo das entrevistas com os professores de Biofísica sobre a metodologia de aplicação do *software* em sala de aula, levam em conta as diferentes formas de aplicação já utilizadas durante os anos de 2005 e 2006.

3.3. Observações em sala de aula

Mediante as observações feitas pelo pesquisador durante as três aulas de Biofísica realizadas no laboratório de informática utilizando o *software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, puderam-se constatar os fatos comentados abaixo.

Durante as aulas realizadas no laboratório de informática, alguns alunos demonstraram desinteresse inicial pelo *software*, fechando-o e abrindo *sites* na internet, olhando *e-mails* ou ficaram jogando os jogos instalados nos computadores. Alguns alunos também demonstraram certo desinteresse, percebido pelo excesso de conversa sobre assuntos não relacionados com a aula. Outros ouviam música nos seus aparelhos portáteis de áudio MP3.

Algum tempo depois, os alunos que antes estavam desinteressados, voltaram suas atenções para as imagens e animações do *software* de Biofísica, não mais *navegaram* por *sites* da internet, nem utilizaram outros recursos do computador a não ser o *software* proposto, diminuindo a conversa e retirando os fones de ouvido. Alguns poucos alunos mantiveram seu desinteresse inicial, o que foi de certa forma observado pela falta de atenção ao visualizar as animações do programa até o fim, cliques aleatórios através dos *links* e conversa com outros alunos sobre assuntos não relacionados ao conteúdo de Biofísica.

Apesar de tais observações, notou-se que grande parte dos estudantes manteve seu interesse, observando o conteúdo do *software* atentamente e comentando uns com os outros sobre alguma passagem específica do programa. Inúmeros alunos ficaram bastante atentos aos textos contidos no *software*, lendo quase todos atentamente e copiando trechos em seus cadernos. Assim como nos textos, grande parte dos alunos permaneceu muito atenta às animações, explorando minuciosamente cada item e *link* do *software*.

Vários alunos dos três cursos de graduação manifestaram interesse em obter uma cópia do programa para utilizarem em suas casas, porém, como se trata de um *software* até então não registrado, foi dito aos alunos o porquê de não poderem copiar o programa. Apesar da explicação, alguns alunos foram flagrados tentando anexar os arquivos do *software* em seus e-mails ou tentando copiá-lo através de seus aparelhos portáteis de áudio MP3 (*pendrive*). Estes alunos foram novamente advertidos pelo professor e pesquisador de que o *software* não poderia ser disponibilizado no momento. Esse ato dos alunos comprova o interesse pelo *software*, pois, mesmo tendo conhecimento de que o programa não poderia ainda ser disponibilizado, tentaram diversas formas de conseguir cópias do mesmo.

De modo geral, todos os estudantes dos três cursos de graduação dominaram rapidamente a *navegação* pelo *software* sem grandes dificuldades, evidenciando que a *navegação* pelo programa é fácil e de rápido controle.

Vários alunos solicitavam esporadicamente explicações do professor quando tinham alguma dúvida sobre o funcionamento do *software* ou com relação a algum ponto do conteúdo abordado pelo mesmo. Este fato demonstra que o *software* oferece liberdade para os alunos poderem estudar o conteúdo seguindo seu próprio ritmo, chamando o professor e recebendo explicações à medida que necessitam.

Como os estudantes de cada curso foram divididos em duas turmas, pois tratou-se de um dia normal de aula prática, alguns estudantes das turmas iniciais permaneceram no laboratório durante a aula da segunda turma, a fim de explorar melhor o conteúdo do *software*.

Alguns alunos fizeram duplas ao utilizar o *software* devido o número de computadores do laboratório de informática. O que não impediu uma boa utilização do *software*, pois tanto os estudantes que sentaram em duplas, quanto os que sentaram individualmente, interagiam uns com os outros, comentando trechos das animações e retirando dúvidas.

3.4. Opinião dos estudantes sobre o uso do *software* multimídia na disciplina de Biofísica

Após a conclusão das aulas realizadas com o *software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, 86 estudantes responderam e entregaram os questionários, sendo 30 estudantes do curso de Ciências Biológicas, 22 estudantes do curso de Medicina Veterinária, e 34 estudantes do curso de Medicina. No Anexo 3 foram reproduzidos os 28 itens considerados nesta etapa do trabalho.

A partir das respostas do questionário, foi possível elaborar a Tabela 2.

Tabela 2. Respostas dos 28 itens contidos no *Questionário de opinião dos estudantes sobre o uso do software na disciplina de Biofísica*.

Item	Polaridade	CONCORDO		SOU INDIFERENTE		DISCORDO		NÃO RESPONDEU	
		N	%	N	%	N	%	N	%
1	+	85	98,84%	1	1,163%	0	0%	0	0%
2	+	84	97,67%	2	2,326%	0	0%	0	0%
3	-	0	0%	5	5,814%	80	93,02%	1	1,163%
4	+	83	96,51%	2	2,326%	1	1,163%	0	0%
5	+	81	94,19%	5	5,814%	0	0%	0	0%
6	-	2	2,326%	9	10,47%	75	87,21%	0	0%
7	+	75	87,21%	10	11,63%	1	1,163%	0	0%
8	+	78	90,7%	7	8,14%	1	1,163%	0	0%
9	+	81	94,19%	3	3,488%	1	1,163%	1	1,163%
10	+	79	91,86%	6	6,977%	0	0%	1	1,163%
11	-	10	11,63%	5	5,814%	71	82,56%	0	0%
12	+	76	88,37%	9	10,47%	1	1,163%	0	0%
13	-	1	1,163%	7	8,14%	78	90,7%	0	0%
14	-	2	2,326%	1	1,163%	82	95,35%	1	1,163%
15	+	76	88,37%	10	11,63%	0	0%	0	0%
16		53	61,63%	18	20,93%	15	17,44%	0	0%
17	+	63	73,26%	11	12,79%	12	13,95%	0	0%
18	-	1	1,163%	5	5,814%	80	93,02%	0	0%
19	-	19	22,09%	6	6,977%	60	69,77%	1	1,163%
20	+	75	87,21%	9	10,47%	2	2,326%	0	0%
21	-	0	0%	13	15,12%	73	84,88%	0	0%
22	-	1	1,163%	3	3,488%	81	94,19%	1	1,163%
23		14	16,28%	16	18,6%	56	65,12%	0	0%
24	-	3	3,488%	11	12,79%	71	82,56%	1	1,163%
25	-	0	0%	4	4,651%	82	95,35%	0	0%
26	+	74	86,05%	8	9,302%	4	4,651%	0	0%
27	-	2	2,326%	7	8,14%	77	89,53%	0	0%
28	+	77	89,53%	6	6,977%	3	3,488%	0	0%

Para análise de cada item, levou-se em conta o número de alunos (N) que assinalou cada uma das opções: Concordo, Sou Indiferente ou Discordo, ou que não respondeu à questão, incluindo as respectivas porcentagens (%).

A polaridade de cada item foi indicada na segunda coluna. Quando positiva, a concordância com a afirmação do item expressa uma opinião favorável ao *software* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião desfavorável. Quando negativa, a concordância com a afirmação do item expressa uma opinião desfavorável ao *software* e sua utilização, e a discordância expressa uma opinião favorável.

A polaridade da questão 10, por exemplo, é positiva, pois se o estudante concordar com a afirmação *Ver as imagens e animações do software facilita a minha aprendizagem*, estará manifestando uma opinião favorável ao programa e seu uso e, se discordar, estará se posicionando de modo desfavorável. A polaridade da questão 3, por outro lado, é negativa, pois se o aluno concordar com a frase *Na aula virtual de Biofísica não se aprende quase nada*, estará manifestando uma opinião desfavorável ao programa e seu uso e, se discordar, estará se posicionando de modo favorável.

A ausência de polaridade no caso dos itens 16 e 23 significa que a concordância ou discordância com essas questões não expressa opinião favorável nem desfavorável ao *software* e sua utilização.

Analisando a Tabela 2, excluindo-se os itens 16 e 23 que são neutros, pode-se constatar que nos 26 itens restantes, mais de 69% dos estudantes registraram respostas favoráveis ao *software*.

O item 19, que contém a sentença indicando que o *software* não explica bem o conteúdo da disciplina, foi o que registrou menor percentual de estudantes favoráveis ao programa, com um índice de aprovação de 69,77%. Do total, 6,97% mostraram-se indiferentes com relação a essa questão e 1,163% dos alunos não respondeu. O fato de que 22,09% dos estudantes concordaram com item, mostra que nem todos consideram que o *software* explica o conteúdo proposto da melhor forma possível. Porém, esse resultado deve ser comparado com o índice de aprovação de 86,05% alcançado no item 26, com apenas 4,65% de discordância. Esse outro item afirma que o *software* explica bem o que os estudantes querem saber sobre biofísica de membrana, ou seja, sobre o conteúdo das aulas teóricas de Biofísica que foi abordado no *software*. Essa certa discrepância nas respostas pode indicar que alguns estudantes interpretaram de maneira diferente esses itens, diferenciando *explicar bem a matéria como um todo* e *explicar a parte do conteúdo* que os alunos têm mais dúvida ou que gostariam de aprofundar seu conhecimento, quando comparado com as aulas do professor de Biofísica sem a utilização do *software*.

Essa afirmação pode ser reforçada em razão dos demais itens referentes à aprendizagem, que obtiveram mais de 86% de respostas favoráveis ao *software* (itens 3, 5, 8, 10, 12, 13, 14, 18, 20, 25 e 27). Esses itens abordam questões relevantes, tais como: apoio do *software* ao desenvolvimento do raciocínio, capacidade de lembrar os assuntos estudados, melhor compreensão das aulas através do computador, ampliação dos conhecimentos sobre biofísica de membrana, compreensão dos textos apresentados no *software* e facilitação da aprendizagem com a utilização do *software*.

Todos os outros itens referentes a quaisquer outros aspectos contidos no *software* obtiveram uma posição favorável com mais de 73,26% de aprovação.

Os itens 16 e 32 não foram considerados na análise da aprovação dos estudantes quanto à utilização do *software*, porque os mesmos não são favoráveis ou desfavoráveis ao programa em si, pois se referem à sua utilização de modo independente pelos alunos com o apoio ou não por parte do professor. A proposta do *software* foi feita objetivando sua utilização enquanto instrumento de apoio às aulas desenvolvidas pelo professor de Biofísica, esses itens foram incluídos no questionário para avaliar a opinião dos estudantes quanto a isso.

A questão 16 manifesta a idéia de que a presença do professor é importante para um melhor entendimento do conteúdo apresentado pelo *software*. A questão 23 defende a idéia de que seria possível aprender sozinho todo o conteúdo apresentado utilizando o *software*, sem a ajuda ou orientação do professor de Biofísica. De acordo com a média ponderada geral alcançada com a análise dos itens 16 e 32 (Tabela 3), mais de 63% dos estudantes concordaram que a presença do professor é importante, e que não conseguiriam aprender sozinhos, sem a orientação ou explicação do professor, todo o conteúdo de Biofísica abordado pelo *software*. Pouco mais de 16% dos alunos opinaram que a presença do professor não é assim tão relevante para o entendimento da matéria utilizando o *software*. Embora tenha sido considerável o nível de indiferença dos estudantes que optaram por não se posicionar perante tais afirmações (19,77%), a grande maioria procurou posicionar-se em suas respostas.

Tabela 3. Índice de concordância da importância da presença do professor durante as aulas com o *software*.

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
63,37%	19,77%	16,86%	0%

Os resultados parciais dos três cursos de graduação perante a análise dos itens 16 e 32 são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Índices de concordâncias parciais dos três cursos de graduação quanto à importância da presença do professor durante as aulas com o *software*.

Cursos	FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
Ciências Biológicas	55%	26,67%	18,33%	0%
Medicina Veterinária	47,73%	20,45%	31,82%	0%
Medicina	80,88%	13,24%	5,88%	0%

Analisando os resultados da Tabela 4, nota-se uma crescente importância dada à presença do professor juntamente com a utilização do *software* partindo dos cursos de

Medicina Veterinária, Ciências Biológicas e Medicina, indicando que o curso de Medicina dá maior importância à presença do professor para um aprendizado mais efetivo (80,88%), sendo que o curso de Medicina Veterinária foi o que obteve o menor índice nesta análise (47,73%). Concomitantemente, o curso de Medicina foi o que obteve o menor resultado quanto à posição desfavorável à presença do professor em sala de aula com a utilização do *software* (5,88%), e o de Medicina Veterinária, o maior valor quanto a essa posição (31,82%). Os estudantes do curso de Ciências Biológicas obtiveram resultados intermediários entre os demais cursos quanto a essas análises, entretanto, foi o curso que menos se posicionou a essas questões, alcançando o maior índice de indiferença dos três cursos (26,67%).

Mesmo com a significativa diferença entre os três cursos quanto às questões abordadas pelos itens 16 e 32, a posição favorável à importância da presença do professor sempre foi maior que a posição desfavorável. Resultado semelhante foi encontrado por Machado (2006) ao analisar um *software* educacional sobre *Tópicos de Física Moderna*, que foi aplicado na disciplina de Física no ensino médio. Nessa avaliação a maioria dos alunos que utilizaram o *software* considerou importante a presença do professor para entender os conteúdos.

Essas respostas reforçam a condição de que o *software*, enquanto recurso didático, é melhor aproveitado quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas a fim de obter um melhor aproveitamento das possibilidades educacionais do programa.

Com base na Tabela 2, foi possível obter a Tabela 5, que indica os índices de aprovação dos estudantes relativos à utilização do *software* nas aulas de Biofísica. No cálculo realizado observou-se a polaridade de cada item. Para obtenção desses percentuais também foram excluídos os itens 16 e 32.

Tabela 5. Índice de aprovação quanto à utilização do *software* na disciplina de Biofísica pelos estudantes.

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
89,31%	7,38%	3%	0,31%

Constatou-se um alto índice de aprovação da utilização do *software* na disciplina de Biofísica, sendo maior que 89%. O índice de desaprovação foi de apenas 3%. Grande parte dos estudantes se posicionou em suas respostas, resultando em um índice de indiferença de pouco mais que 7%. Apenas 0,31% não opinaram. Esses valores indicam que houve grande aceitação do *software* e da utilização de recursos multimídia nas aulas por parte dos estudantes. Os índices totais de aprovação quanto à utilização do *software* em cada um dos três cursos de graduação estão relacionados na Tabela 9.

A análise de fatores favoráveis e desfavoráveis com relação ao *software* envolveu três categorias distintas, nas quais podem ser agrupados os itens do instrumento de pesquisa:

1) Possibilidade de aprendizagem com o apoio do *software* (Tabela 6). A essa categoria relacionam-se os itens: 3, 5, 8, 10, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 25, 26 e 27.

Tabela 6. Índice de aprovação dos estudantes quanto à possibilidade de aprendizagem com apoio do *software*.

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
89,62%	7,07%	2,95%	0,36%

2) Aspectos motivacionais e lúdicos do *software* (Tabela 7). A essa categoria relacionam-se os itens: 2, 4, 7, 15, 17, 21 e 28.

Tabela 7. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos motivacionais e lúdicos do *software*.

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
88,21%	8,97%	2,82%	0%

3) Aspectos técnicos do *software*, relacionados à sua estrutura e ao seu funcionamento (Tabela 8). A essa categoria relacionam-se os itens: 1, 6, 9, 11, 22 e 24.

Tabela 8. Índice de aprovação dos estudantes quanto aos aspectos técnicos do *software*.

FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
89,92%	6,21%	3,29%	0,58%

Com base nessas análises, pode-se observar que o maior índice de aprovação dos estudantes na média ponderada geral dos três cursos foi com relação aos aspectos técnicos do *software*, embora os resultados parciais dos cursos de Ciências Biológicas, Medicina Veterinária e Medicina tenham registrado valores diferentes, conforme visto na Tabela 9.

Os resultados individuais da avaliação pelos cursos de graduação, indicam que a maior aprovação do *software* no curso de Ciências Biológicas e Medicina Veterinária foram quanto aos aspectos motivacionais e lúdicos, mostrando que os estudantes desses cursos apóiam mais o *software* por tornar as aulas melhores no sentido de despertar a atenção e o interesse e torná-las motivadoras e agradáveis. Este resultado também foi encontrado no estudo realizado por Machado; Santos (2004) onde o maior índice de aprovação foi em relação aos aspectos motivacionais e lúdicos do *software*.

Tabela 9. Índices de aprovação total e de cada aspecto específico nos três diferentes cursos de graduação.

	FAVORÁVEL	INDIFERENTE	DESFAVORÁVEL	SEM RESPOSTA
Ciências Biológicas				
Índice total de aprovação	88,33%	8,85%	2,31%	0,51%
Possibilidade de aprendizagem	88,97%	8,72%	1,54%	0,77%
Aspectos motivacionais e lúdicos	89,05%	9,05%	1,90%	0%
Aspectos técnicos	86,11%	8,89%	4,44%	0,56%
Medicina Veterinária				
Índice total de aprovação	89,69%	4,55%	5,59%	0,17%
Possibilidade de aprendizagem	87,06%	4,20%	8,74%	0%
Aspectos motivacionais e lúdicos	94,80%	4,55%	0,65%	0%
Aspectos técnicos	89,39%	5,30%	4,55%	0,76%
Medicina				
Índice total de aprovação	89,93%	7,92%	1,92%	0,23%
Possibilidade de aprendizagem	91,85%	7,47%	0,45%	0,23%
Aspectos motivacionais e lúdicos	83,19%	11,77%	5,04%	0%
Aspectos técnicos	93,63%	4,41%	1,47%	0,49%

O segundo aspecto mais importante no curso de Ciências Biológicas foi quanto à possibilidade de aprendizagem utilizando o *software*. No curso de Medicina Veterinária, o segundo aspecto mais importante foi sobre os aspectos técnicos. Este aspecto no curso de Medicina foi o que obteve maior aprovação, seguido da possibilidade de aprendizagem com o apoio do *software*.

Embora os resultados de aprovação de cada curso tenham sido próximos (não mais do que 10,44 pontos percentuais de diferença), pode-se notar que cada curso teve uma visão ligeiramente diferente no momento de avaliar a utilização do *software*, priorizando alguns aspectos sobre outros.

Na avaliação geral dos três aspectos (Tabelas 6, 7 e 8) o índice de desaprovação quanto ao *software* não foi maior do que 3,29% sob qualquer aspecto.

De acordo com essas análises, os alunos manifestaram, de modo geral, uma opinião favorável sobre as possibilidades de aprendizagem com o *software* e também com relação a seus aspectos motivacionais e técnicos. Portanto, sobre os seguintes aspectos, na avaliação da maior parte dos estudantes:

Possibilidade de aprendizagem: o *software* possibilita ampliar o conhecimento sobre Biofísica de membranas; possui textos compreensíveis com conteúdos bem explicados; contribui para raciocinar melhor sobre os fenômenos físicos e químicos associados à neurotransmissão; favorece a assimilação da matéria melhorando as noções que os alunos têm sobre a morfofisiologia da membrana; exhibe imagens e animações que facilitam a aprendizagem.

Aspectos motivacionais e lúdicos: o *software* é um recurso didático motivador tornando as aulas que utilizam os computadores mais interessantes do que somente as da sala de aula; as aulas utilizando o computador não são monótonas, despertando a atenção; é uma maneira mais fácil de aprender o conteúdo proposto.

Aspectos técnicos: o *software* permite uma fácil navegação pelo seu conteúdo; possui um bom *layout*; possui *links* pertinentes que ajudam a compreender a ligação entre os temas; não causa problemas significativos de desorientação, pois possibilita localizar os temas sem dificuldade.

3.5. Entrevistas com estudantes de Biofísica que utilizaram o *software*

Dos oitenta e seis estudantes que participaram das aulas de Biofísica utilizando o *software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*, cinco foram entrevistados após a entrega dos *Questionários de opinião dos estudantes sobre o uso do software na disciplina de Biofísica*.

A partir das opiniões e comentários emitidos pelos alunos durante as entrevistas, puderam-se obter subsídios importantes para a avaliação do processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Biofísica com o apoio do *software* especialmente elaborado para essa finalidade, e dos próprios aspectos do *software* em si.

De acordo com o roteiro das entrevistas (Anexo 4), os estudantes fizeram considerações sobre os pontos que tiveram maiores dificuldades durante a aprendizagem sem o apoio do *software*. Também se manifestaram sobre as características do *software* empregado que se lhes afiguraram mais satisfatórias ou insatisfatórias. Em particular, ponderaram se o material utilizado favoreceu ou não a percepção de relações entre os vários assuntos estudados. Comentaram ainda se os elementos de mídia componentes do *software* tiveram alguma relevância para a compreensão das idéias apresentadas. A pertinência do *software* e da

metodologia de ensino adotada constituiu outro aspecto sobre os quais alguns alunos se pronunciaram.

Nos extratos de entrevistas reproduzidos para fundamentar as análises realizadas a seguir, o símbolo (...) indica a omissão de pequenos trechos desnecessários para o entendimento das idéias expostas. Acréscimos de palavras ou comentários efetuados na edição do texto, para facilitar a compreensão, foram indicados entre colchetes. Os cinco alunos entrevistados foram definidos como A1, A2, A3, A4 e A5.

3.5.1. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo

Na avaliação das dificuldades de aprendizagem do conteúdo de Biofísica nas aulas teóricas sem a utilização do *software* foram mais evidenciados como problemas para a aprendizagem os seguintes aspectos: a falta de imagens, esquemas ou animações para uma melhor visualização ou mesmo imaginação das estruturas e acontecimentos dos processos; as explicações em sala de aula são rápidas e superficiais, havendo a necessidade de estudar o conteúdo nos livros para uma melhor compreensão dos temas; e a conversa excessiva dos alunos em sala de aula. Nas palavras dos entrevistados:

A1 – “(...) Identificar e assimilar como que era que acontecia, como que o processo tava acontecendo, porque [nas aulas teóricas] a gente não vê o esquema arrumadinho. O que me ajudou no seu programa foi isso, (...) lá tinha o esquema organizado, a animação, o que facilitou. No livro (...) da biblioteca, não tem a animação, tem [as explicações de] como é que acontece [os processos], mas não [animações de] como que tá acontecendo”.

A2 – “Bom... na aula [utilizando o] computador, a gente viu a passagem mesmo, como que funciona, ae nas aulas teóricas de Biofísica a gente não vê isso, [não tem como ver] o movimento. [A dificuldade] é imaginar os movimentos, como é que funciona”.

A3 – “(...) A explicação assim é meio superficial né?! Você tem que meio que depois ir no livro pra poder pegar né?! Tem aula assim que fica bom [o entendimento], mas tem aula assim que fica uma zona, então assim, tava a maioria do pessoal (...) com muita dúvida nessa parte de transporte, essas coisas de membrana. A conversa e também [dificulta], o professor também de vez em quando não consegue passar direito a informação. Ae no caso (...) tinha

[também] esse problema de ter que imaginar, ae foi bom que seu *software* ajudou bastante a gente com isso”.

A4 – “[Aula] teórica é difícil de acompanhar porque o professor tem um ritmo (...) que exige que você volte um pouco, reflita um pouco. [Esse ritmo faz com] que você [possa] perder alguma coisa da matéria, então essa é a maior dificuldade. A ausência da figura [e animação] prejudica um pouco um bom andamento, porque uma coisa é você ver o processo acontecendo, principalmente quando se refere à membrana da célula, e outra coisa é você imaginar, tentar colocar isto... é..., num plano tridimensional, pra poder saber bem o que tá acontecendo”.

A5 – “Na aula teórica a gente tem muita dificuldade de imaginar mesmo (...). Às vezes (...) você não concentra, às vezes as estruturas [da célula da] maneira que [é passado] o conteúdo fica meio vago, porque [a gente] não tem muito domínio da matéria, então com a visualização [do *software*] (...) igual foi apresentado, a gente tem mais facilidade de entender o quê que tá acontecendo realmente, é [uma aula] dinâmica”.

3.5.2. Aspectos satisfatórios do *software*

O bom projeto visual do *software*, o uso de imagens e animações juntamente com os textos, a adequação das ilustrações ao conteúdo, clareza do texto, a facilidade para realizar a *navegação*, a variedade de temas abordados, facilidade de compreensão, e o fato de o computador ser uma forma diferente de estudar o conteúdo, estão entre as características do *software* reconhecidas como positivas pelos estudantes. Isso pode ser observado com base em diversas passagens das entrevistas:

A1 – “Além das animações, é a animação junto com (...) a teoria. (...) Você lê a teoria e logo depois você já pode ver como que ta acontecendo diretinho [através das animações]”.

A2 – “Ué, a gente vê como que funciona [os processos], por exemplo, a bomba [de sódio e potássio], como [funciona], o que tem na membrana, os aspectos assim, é... é isso!”.

A3 – “Uai, ele ficou com um design bom, eu gostei, os textos não estão com uma linguagem técnica, são bons os textos, as animações e os gráficos ficaram, é... legais, está bem ilustrado, ficou... ficou muito bom!”.

A4 – “Imagens! Muito bem feitas, muito bem estruturadas, fácil [navegação], acho que qualquer um com conhecimento ou não em informática pode [utilizá-lo] e tirar proveito muito bem do *software*. (...) A variedade de conteúdo também (...) muito bem estruturado, muito bem avaliado, sem erros, muito bom o conteúdo, muito boas as ilustrações, as animações, enfim, é um *software* que ajuda muito o estudante que precisa fazer a revisão, [que] precisa aprender mais, facilita muito a gente”.

A5 – “Então... na aula [que utilizou] o *software*, eu gostei muito é... das imagens, sabe?! Você vê as figuras, a [animação], você tem mais facilidade de compreensão mesmo, é... você lê o texto e vê a [animação]... você grava melhor a matéria. (...) É uma proposta assim de novidade assim, de integração, de entrar no conteúdo mesmo, de ver o conteúdo sob uma nova perspectiva. Eu acho que principalmente [as animações são o ponto positivo]”.

3.5.3. Aspectos insatisfatórios do *software*

Ao serem questionados sobre aspectos insatisfatórios do *software*, a maioria dos estudantes entrevistados não conseguiu citar aspectos negativos do *software* em si, tendendo a considerá-lo bem elaborado:

A2 – “Ah... eu não vi aspectos negativos”.

A3 – “(...) Não sei... De primeira análise não vi nenhum ponto (...) negativo nele (...) Vocês pegaram mais a parte de transporte mesmo né... Era bem mais essa parte mesmo da aula da Biofísica [que tínhamos dificuldade]... tá ótimo [o *software*]”.

A4 – “Negativo?! Não”.

A5 – “Ah eu não sei, (...) eu não vi aspecto negativo”.

Apesar de terem avaliado o *software* favoravelmente quanto sua utilização para melhoria do ensino de Biofísica, uma aluna não deixou de evidenciar um ponto que poderia ser melhorado:

A1 – “(...) Eu tive dificuldade pra achar (...) coisas [mais específicas] que eu tava procurando, por exemplo, se tivesse um índice que tivesse sido detalhado, ia me ajudar”.

Ao indagar sobre tal aspecto com os outros estudantes entrevistados, alguns concordaram que um índice poderia ajudar os alunos com eventual dificuldade de localização e uma aluna disse não ter enfrentado dificuldades nesse aspecto:

A2 – “Não, não vi dificuldade”.

A3 – “É... eu acho que assim, pra quem não tem conhecimento da matéria, um índice geral era melhor né?! Porque você ia lá no ponto que você queria. Mas pra quem conhece, sabe que tal [assunto] tipo... membrana, vai estar naquela [determinada] parte (...) Pra quem não está ciente da matéria fica complicado se localizar”.

A4 – “Eu acho que [poderia] colocar uma barra de busca (...) por tópicos, você digitasse uma palavra e aparecesse uma lista de tópicos onde eu possa encontrar aquele item que eu estou procurando”.

A5 – “Eu acho que em termos de apresentação, em termos do que foi a proposta [do *software*], de como foi articulado, foi muito bem explicado, na minha opinião”.

Esta última aluna não citou aspectos negativos do *software* em si, porém disse algo muito importante durante a entrevista, evidenciando a importância do *software* como material de apoio para o professor durante as aulas teóricas de Biofísica dentro de sala de aula:

A5 – “(...) Só a aula do *software*, (...) em minha opinião não adianta, mas a (...) integração da aula do *software* com [a aula do] professor (...) dá um dinamismo diferente na aula, sabe?! (...) A aula passa a ser mais interessante, você concentra mais, você passa (...) a questionar [o que] você tá vendo, o que tá acontecendo, então assim... é... te desperta a questionar mesmo, eu acho que é isso (...) Tem que ser uma parceria, tanto com a aula teórica

quanto com a aula prática no *software*, eu acho que tem que ser [assim], o conjunto que faz a aula, não tem como (...) ser só uma ou outra”.

Um aspecto negativo que esta mesma aluna considerou, porém não do *software*, mas da forma como ele foi aplicado, pode ser observado no trecho da entrevista abaixo:

A5 – “(...) Eu acho que assim, se o professor tivesse junto, favoreceria mais, porque às vezes a gente tem alguma dúvida e quer esclarecer na hora (...), você vê uma imagem e fica assim ‘não, mas não pode ser desse jeito?’ Ou você tem um raciocínio [diferente]... às vezes até contrário, e não tem a presença do professor”.

Para compreender melhor essa resposta, deve-se lembrar que, neste caso, o professor que ministrou as aulas teóricas não foi o mesmo professor que estava acompanhando as aulas de Biofísica no laboratório de informática (Tabela 1). Ao citar esse fato para a aluna 5, obteve-se a seguinte observação:

A5 – “(...) Eu acho que seria o ideal [ser o mesmo professor]. Porque (...) o que ele passa na teoria, ele [mesmo explicaria] no *software* [durante a aula no laboratório] (...) Eu acho que teria uma concentração melhor [dos alunos], uma visualização melhor [das animações], porque ele ta falando, mas ao mesmo tempo você ta vendo, entendeu? É diferente de quando ele fala e só expõe o conteúdo e você não tá entendendo, mas também não tem coragem de parar a matéria, às vezes até mesmo porque você acha que a sua dúvida é banal (...)”.

Esse trecho da entrevista cita um outro aspecto que dificulta a aprendizagem dos alunos: o ritmo de aula e o receio que os estudantes têm de parar as explicações do professor para tirar dúvidas, achando que as mesmas são banais. Outro aspecto notado foi a posição mais tímida que ela tomou ao ver que não era o mesmo professor que iria acompanhar a aula no laboratório de informática, o que aumentou seus receios ao expor suas dúvidas.

3.5.4. Percepção de relação entre os temas abordados no *software*

Os estudantes declararam que o *software* utilizado favoreceu a percepção de relações entre os assuntos apresentados, inclusive um estudante citou que os tópicos existentes e suas ligações mostraram essa intenção.

A2 – “Sim, contribuiu”

A3 – “Sim, acho assim que a parte de organelas ele está bem sucinto, né?! A parte de membrana ficou muito bom, ficou bem completo, ficou bem (...) especificado, bem didático, ficou muito bom. Só que é assim, a parte de organelas ficou assim, aquele ‘resumão’ sobre cada organela”.

A4 – “De fato! A integração do conteúdo foi muito bem estruturada, viu-se que queria fazer essa integração mesmo, queria ligar os tópicos que existem, todo processo celular, e foi bem sucedido a tentativa, muito bem sucedida”.

A5 – “Sim, eu acho que é muito proveitoso, sabe, o *software*. Eu acho que é igual eu já tinha falado antes, e quando você vai vendo [pelas imagens e animações] os vários tipos, as várias maneiras de funcionamento da célula, você grava melhor o conteúdo, você tem mais facilidade de contenção [do conhecimento], de aprendizado mesmo, porque não fica uma coisa monótona, não fica aquela (...) aula cansativa, você tá [concentrado], pelo menos as gravuras te faz guardar o quê que tá acontecendo, então eu acho que é isso”.

Uma aluna, durante a resposta deste item, citou novamente que o fato de não ter um índice geral, pode tê-la prejudicado um pouco nesse aspecto:

A1 – “Contribuiu, agora o que atrapalhou um pouco foi essa questão de eu ficar meio perdida então não consegui juntar muito as matérias. [Mas deu pra assimilar bem a inter-relação entre os assuntos], me ajudou bastante!”

3.5.5. Influência do *software* na aprendizagem

Ao perguntar se o *software* contribuiu para uma melhor aprendizagem do conteúdo e como ele o fez, os alunos citaram que os esquemas, animações e a interatividade fizeram com que entendessem melhor o conteúdo, sanando dúvidas até então não esclarecidas, complementando as aulas teóricas, tornando mais agradável o processo de aprendizagem e finalizando o conteúdo dessas aulas.

A1 – “[Ajudou] com os esquemas, eu gostei muito foi disso, da interatividade”.

A2 – “Ué... fez com que eu entendesse bem a matéria né?!”

A3 – “É... você vendo junto com a aula, serviu pra complementar a aula que a gente teve né? Ele tipo assim, ele fechou o conteúdo, sabe?”.

A4 – “Ele deixou claro pontos que eu tinha dúvida, que mesmo lendo no livro, ainda fica alguma coisa, ele sintetizou o conteúdo teórico da leitura, de fato, e tornou mais agradável o processo de aprendizagem, porque uma coisa é você estar dentro de uma sala de aula escutando o professor, que por mais gabaritado que ele seja, é difícil, e outra coisa é você ver no computador, acompanhar, ler, é uma evolução, é a evolução educacional (...)”.

A5 – “Então... eu acho que pra mim foi ótimo, porque até então eu tinha tido só as aulas teóricas, e quando eu fui [pro laboratório de informática] pra ver o funcionamento, eu passei a entender o conteúdo mesmo eu não tendo estudado (...) sabe?! (...) No laboratório [de informática] foi muito bom pra mim, porque coisas que eu não tinha visualizado durante as aulas eu visualizei, coisas que eu na hora (...) tive mais dificuldade, com o *software* eu pude lembrar mais, então foi isso, assim, eu acho que pra mim foi assim, excelente, me ajudou bastante, eu acho que assim, as imagens ficaram muito assim, então acho que na próxima vez que eu for estudar o conteúdo, quando eu for estudar a [fundo] eu já vou ter uma facilidade maior pra desenvolver a matéria, sabe, eu não vou ficar presa”.

Pode-se notar então, com base nesses trechos das entrevistas, que o *software* ajudou bastante os alunos de Biofísica a terem um entendimento mais facilitado do conteúdo por meio de suas imagens, animações e textos. E que, apesar de alguns pontos que poderiam ser

aperfeiçoados, o *software* constitui-se de um importante material didático para as aulas de Biofísica.

Machado (2006) também considera que a hipermídia facilita a ligação entre os conceitos, que se ampliam pela adição do som, dos movimentos, dos gráficos, acrescenta ainda que as conexões entre os temas abordados no *software* são optadas pelos alunos, pelo desejo do estudante, o que conduz a uma construção ativa dos conhecimentos.

“O computador, além de ser poderosa ferramenta de cálculo, faculta a integração de diversos meios de comunicação, permitindo reunir textos, imagens, filmes, sons e recursos interativos em um único dispositivo. Essa característica amplia as opções para a realização do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que este se fundamenta na comunicação entre as pessoas e no trabalho com informações” (MACHADO, 2006, p.109).

3.6. Avaliação técnica do *software*

Uma avaliação mais técnica do *software* foi realizada pelos estudantes matriculados na disciplina Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia do curso de Ciências Biológicas. Dos 41 estudantes matriculados, 31 compareceram às aulas, preencheram e entregaram as fichas de avaliação (75,61%). Estes foram considerados avaliadores do *software*, pois durante a disciplina iniciaram estudos sobre avaliação de materiais didáticos.

As respostas das fichas forneceram subsídios para avaliar os aspectos apresentados nos itens abaixo.

3.6.1. Aspectos positivos do *software*

Os principais aspectos positivos destacados pelos licenciados nesta questão foram:

- a) Torna as aulas mais dinâmicas e envolventes.
- b) Permite um trabalho com uma maior riqueza de detalhes, que muitas vezes, o professor não conseguiria abordar sem o auxílio do *software*.
- c) O aluno pode visualizar modelos móveis que são difíceis de serem imaginados apenas com as ilustrações do livro.
- d) Faz uma revisão sobre citologia antes de abordar o conteúdo de biofísica da neurotransmissão.

e) Ajuda a otimizar o tempo dos estudos, permitindo ao aluno acompanhar o conteúdo com uma leitura básica sem 'morrer de estudar'.

f) Apresenta um amplo conteúdo de forma clara e objetiva interligando os assuntos.

g) Os textos são pequenos, o tamanho das letras é bom, oferecem um grande número de definições e exemplos, a linguagem é simples, clara e de fácil compreensão tornando a leitura agradável.

h) Permite a visualização de inúmeros processos que, ao serem explicados em sala de aula, não são possíveis de serem visualizados, o que facilita e aumenta a compreensão dos conteúdos sem a necessidade de 'decoreba', aumentando a aprendizagem significativa.

i) É um software que motiva os alunos despertando seu interesse e melhorando sua concentração, tornando as aulas e o próprio conteúdo estudado mais interessante.

j) Quebra a rotina da sala de aula, quadro e giz, permitindo ao aluno uma visão mais prática do que realmente ocorre nas células.

k) Os fenômenos são mostrados de forma interessante, colaborando para que o aluno capte o conteúdo mais facilmente.

l) Desperta o interesse, a curiosidade e vontade de aprender dos alunos, sendo muito mais fácil compreender o conteúdo, aprender e gostar.

m) É um *software* dinâmico, bem explicativo e de fácil compreensão.

n) O tema abordado é interessante.

o) O conteúdo é colocado de forma lógica com botões e *links* que indicam os caminhos.

p) É bonito visualmente, possuindo cores vibrantes que chamam a atenção e desperta o interesse.

q) Possui uma fácil navegação, o que permite que quaisquer alunos, mesmo aqueles que não possuem muita noção de informática, possam utilizá-lo.

r) É bem projetado, organizado e ilustrado, tornando-o prático e dinâmico.

s) Ótimas animações que ajudam a entender os processos de forma mais fácil que nas ilustrações dos livros.

t) As ilustrações e animações são bonitas, coloridas, didáticas e fáceis de entender.

u) Fenômenos que teriam que ser somente imaginados, tornam-se muito mais acessíveis através dos esquemas do *software*, como os transportes na membrana celular e demais componentes celulares.

De forma geral, o *software* é considerado como uma importante ferramenta, permitindo visualizar por meio de animações e imagens bem estruturadas e coloridas, diversos processos

que ocorrem no organismo, principalmente os transportes de íons através das membranas. Esse recurso didático mostra-se útil no processo de ensino-aprendizagem, despertando o interesse e a concentração dos alunos, facilitando e aumentando a compreensão do conteúdo estudado.

3.6.2. Aspectos negativos do *software*

Os principais aspectos negativos destacados por vários licenciados nesta questão foram:

- a) Os termos mais importantes nos textos não estão destacados.
- b) Muitas ilustrações não possuem escalas.
- c) Não possui *links* para sites e artigos mais aprofundados.
- d) Não possui referências bibliográficas.
- e) Possui alguns pequenos erros gramaticais como falta de acentuação.
- f) Os textos não contribuem para o desenvolvimento de um pensamento crítico por parte dos alunos.
- g) Os alunos podem achar que somente o *software* é suficiente, deixando de utilizar outras fontes para o estudo.

Certos pontos criticados pelos avaliadores indicaram aspectos do *software* que podem ser aperfeiçoados e algumas ressalvas podem ser feitas.

Quanto ao tópico *b* da listagem anterior, o motivo de várias ilustrações não possuírem escalas está relacionado ao fato de que a maioria delas está representada em forma de esquemas, portanto foram elaboradas priorizando um melhor entendimento de seu conteúdo, do que os tamanhos relativos de cada estrutura. Assim não houve uma preocupação em respeitar o tamanho relativo entre as diversas estruturas representadas e dessa forma escalas não poderiam ser utilizadas. De qualquer maneira consideramos que, sempre que for possível, as ilustrações devem trazer uma referência em relação ao tamanho.

Quanto ao tópico *g*, pode-se dizer que a proposta do *software* é ser um recurso didático para o professor de Biofísica em suas aulas, e ser uma fonte adicional e complementar de estudo para alunos, portanto, sua utilização como única fonte de estudo depende única e exclusivamente de cada um dos respectivos usuários.

Alguns outros aspectos negativos foram citados isoladamente entre os licenciados:

a) Às vezes contém muitas informações, muitas cores, o que pode levar o aluno a confusão.

b) Muito extenso.

c) Algumas imagens são de baixa qualidade.

d) Algumas setas que ligam a outras telas estão um pouco escondidas, o que pode fazer com que passem despercebidas, assim como os botões *home* e *fechar*.

e) Após a abertura do *software*, não há uma tela que forneça informações de como proceder para que todo o conteúdo possa ser explorado.

f) O *software* pode causar uma confusão inicial nos alunos até que esses descubram, mexendo no programa, como utilizá-lo corretamente.

g) Não existe a citação das fontes de onde foram retiradas figuras e os textos.

h) Algumas animações são um pouco confusas por causa da grande quantidade de eventos sendo representados ao mesmo tempo.

i) Poderia abordar mais sobre neurotransmissão, ou seja, dar mais ênfase nesse aspecto.

j) Faltou uma finalização no *software*.

k) Alguns textos são longos e podem prejudicar, porque alguns alunos não gostam de ler textos na tela do computador, mas vejo esses textos como necessários para compreensão de todo o conteúdo.

l) O *link* visualizado não fica destacado, o que pode, às vezes, fazer com que o aluno se perca e não saber qual item já foi visto.

m) Quem não possui computador em casa não poderia utilizar o programa, ficando 'preso' à faculdade para poder utilizá-lo.

n) Só pode ser utilizado para área afim, pois outras pessoas não se interessariam.

Algumas ressalvas também podem ser feitas sobre esses outros aspectos negativos observados pelos licenciados no *software*.

A grande quantidade de assuntos abordados (tópico *a*), tanto quanto as cores utilizadas no programa foram evidenciadas por muitos estudantes da mesma turma como aspectos positivos.

A falta de uma tela de abertura indicando como *navegar* devidamente pelo *software* (tópico *e*), deve-se ao fato de que juntamente com CD-ROM do programa, existe um *Manual do Usuário*, que não foi apresentado para os licenciandos, pois não havia cópia suficiente para todos. A falta do conhecimento da existência deste manual pode ter levado alguns dos

licenciandos considerarem a falta da tela de abertura como aspecto negativo. Ressaltamos que o Manual também necessita passar por uma avaliação, o que não foi possível realizar neste trabalho.

Sobre o tópico *h*, pode-se dizer que a maneira com que o *software* foi proposto tem como objetivo principal a integração de diversos fenômenos estudados separadamente durante as aulas de Biofísica, portanto, em suas animações, diversos fenômenos são ilustrados acontecendo ao mesmo tempo, o que ocorre de fato na célula.

O fato de alguns alunos não possuírem computadores em casa, citado no tópico *m*, impossibilitando seu uso, não é um aspecto negativo do *software* em si, assim como o uso em áreas não relacionadas com seu conteúdo, citado no tópico *n*.

Alguns alunos citaram não ter identificado quaisquer aspectos negativos do *software*, comentando ainda que o *software* foi muito claro e objetivo em seu propósito, e ao ser comparado com outros *softwares* utilizados em outras disciplinas, este é de alta qualidade.

3.6.3. Possibilidade de aprendizagem com o *software*

A montagem do programa *Processos Biofísicos da Neurotransmissão* foi finalizada no final do segundo semestre letivo 2004. Desta forma, sua utilização começou logo no primeiro semestre letivo de 2005. Os alunos da turma de Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia que avaliaram o *software* fizeram parte da última turma do curso de Ciências Biológicas que não teve contato com o *software*. Sendo assim, a pergunta do questionário relacionada ao item 42 indaga sobre a possibilidade de melhor aprendizagem que o *software* poderia ou não ter fornecido caso tais alunos tivessem tido contato com o *software* nas aulas de Biofísica.

Os alunos responderam que o *software* poderia sim ter ajudado em uma melhor compreensão do conteúdo abordado na disciplina de Biofísica. Diversos fatores levam a esse entendimento, dentre eles, o principal fator comentado está na razão do *software* possuir imagens e animações bastante explicativas que se aproximam do real, o que permite uma visualização de como diversos processos celulares ocorrem tornando o entendimento da teoria mais fácil, dinamizando o conteúdo, interligando os assuntos estudados, revisando e tirando dúvidas que os alunos teriam ao apenas ler os livros e observar imagens estáticas, e, não tendo somente que imaginar o funcionamento das estruturas.

Outros aspectos também foram citados pelos alunos, como o programa ser uma forma alternativa e complementar de estudo no qual podem ser visualizados os processos com maior

nitidez e objetividade, do que apenas estudar pelos livros ou imaginar o que o professor explica na sala de aula utilizando o quadro negro e transparências, ou tentando fazer representações que nem sempre são entendidas pelos alunos.

Os textos do *software* também foram citados, sendo caracterizados como textos de linguagem bem acessível e que explicam claramente cada assunto do conteúdo abordado.

Um aspecto interessante também foi comentado em relação ao interesse que os alunos do curso de Ciências Biológicas apresentam pelas diferentes disciplinas como podemos observar a resposta do aluno citada abaixo:

“...as áreas de interesse e afinidades com os conteúdos do curso de Ciências Biológicas variam de aluno para aluno, dessa forma, problemas de desinteresse com o conteúdo de Biofísica ou o relacionamento com o professor poderiam ser minimizados com a utilização do *software* como fonte de estudo”.

Esta resposta revela que, para este aluno, muitos estudantes poderiam não dar a devida atenção que a disciplina de Biofísica exige para um bom entendimento de seu conteúdo, por tratar-se de uma das áreas do conhecimento biológico que não é interessante para alguns alunos. Um eventual desinteresse pela disciplina poderia até mesmo levar alguns problemas de relacionamento entre o professor e tais estudantes. Como forma de contornar tais problemas, o *software* poderia ser utilizado como fonte alternativa de estudo, complementando as aulas expositivas do professor, e aumentando o interesse do aluno pelo conteúdo abordado.

De acordo com tais respostas, pode-se notar que o *software* possui características muito importantes que poderiam ter ajudado esses alunos a ter uma melhor compreensão do conteúdo estudado na disciplina de Biofísica.

3.6.4. Demais itens da ficha de avaliação

Os resultados das questões numeradas de 1 a 39 obtidos a partir das fichas que foram entregues pelos estudantes licenciados são apresentados na Tabela 11, na qual se indica os números de avaliadores que consideraram cada item da ficha de avaliação atendido satisfatoriamente (Sim), atendido parcialmente (Parcial) e não atendido (Não), com os respectivos percentuais. Também são indicados os números (N) e os percentuais (%) de avaliadores que não responderam a determinado item (Sem resposta).

Tabela 11. Respostas dos licenciados sobre as questões 1 a 39 da *Ficha de avaliação do software Processos Biofísicos da Neurotransmissão*.

Itens	Sim		Parcial		Não		Sem resposta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
01	30	96,77%	1	3,226%	0	0%	0	0%
02	22	70,97%	4	12,9%	4	12,9%	1	3,226%
03	25	80,65%	1	3,226%	3	9,677%	2	6,452%
04	27	87,1%	4	12,9%	0	0%	0	0%
05	26	83,87%	4	12,9%	0	0%	1	3,226%
06	25	80,65%	5	16,13%	1	3,226%	0	0%
07	27	87,1%	1	3,226%	3	9,677%	0	0%
08	17	54,84%	13	41,94%	1	3,226%	0	0%
09	27	87,1%	4	12,9%	0	0%	0	0%
10	16	51,61%	13	41,94%	2	6,452%	0	0%
11	19	61,29%	6	19,35%	5	16,13%	1	3,226%
12	8	25,81%	13	41,94%	10	32,26%	0	0%
13	27	87,1%	4	12,9%	0	0%	0	0%
14	30	96,77%	1	3,226%	0	0%	0	0%
15	24	77,42%	2	6,452%	4	12,9%	1	3,226%
16	23	74,19%	8	25,81%	0	0%	0	0%
17	9	29,03%	18	58,06%	4	12,9%	0	0%
18	22	70,97%	3	9,677%	5	16,13%	1	3,226%
19	26	83,87%	5	16,13%	0	0%	0	0%
20	19	61,29%	7	22,58%	5	16,13%	0	0%
21	25	80,65%	3	9,677%	1	3,226%	2	6,452%
22	25	80,65%	5	16,13%	1	3,226%	0	0%
23	17	54,84%	12	38,71%	2	6,452%	0	0%
24	9	29,03%	15	48,39%	7	22,58%	0	0%
25	23	74,19%	6	19,35%	2	6,452%	0	0%
26	29	93,55%	2	6,452%	0	0%	0	0%
27	31	100%	0	0%	0	0%	0	0%
28	24	77,42%	4	12,9%	1	3,226%	2	6,452%
29	29	93,55%	1	3,226%	0	0%	1	3,226%
30	16	51,61%	11	35,48%	4	12,9%	0	0%
31	30	96,77%	1	3,226%	0	0%	0	0%
32	27	87,1%	4	12,9%	0	0%	0	0%
33	24	77,42%	5	16,13%	1	3,226%	1	3,226%
34	29	93,55%	2	6,452%	0	0%	0	0%
35	28	90,32%	3	9,677%	0	0%	0	0%
36	23	74,19%	8	25,81%	0	0%	0	0%
37	28	90,32%	3	9,677%	0	0%	0	0%
38	17	54,84%	11	35,48%	3	9,677%	0	0%
39	31	100%	0	0%	0	0%	0	0%

Conforme os dados obtidos nos itens 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 39 da ficha de avaliação, houve concordância plena de mais de 60% dos avaliadores de cada categoria. Isso indica que, na avaliação de mais da metade dos licenciados, pode-se chegar as seguintes afirmações:

- a) Predominam no *software* abordagem conceitual e informações factualmente corretas, ausência de imprecisões conceituais, desatualizações e pequenas incorreções de informação, bem como ausência de confusão terminológica;
- b) Os textos utilizados no *software* atendem às normas gramaticais; utilizam vocabulário atualizado e correto; apresentam vocabulário específico claramente explicado na disciplina de Biofísica; evitam estabelecer analogias impróprias que poderiam causar confusão entre o significado literal e metafórico; estabelecem a ligação entre os princípios estudados e fenômenos conhecidos pelos estudantes; favorecem o desenvolvimento de noções sobre as características da Ciência e de sua produção;
- c) Evitou-se criar estereótipos e preconceitos prejudiciais à construção da cidadania;
- d) O *software* apresenta aspectos que podem contribuir para a motivação dos estudantes;
- e) Os temas expostos estabelecem algum tipo de articulação, no sentido de tirar proveito de conhecimento e/ou habilidades já adquiridas pelos estudantes;
- f) Facilita aos estudantes a percepção de relações entre os assuntos abordados;
- g) Evita-se a apresentação de fragmentos de conteúdos sob a justificativa de que poderão vir a ser importantes no futuro;
- h) A estrutura hierarquizada de títulos, subtítulos e outros são evidenciados por meio de recursos gráficos; a diagramação é isenta de erros; a revisão é isenta de erros graves; os textos e as ilustrações são distribuídos na tela de modo adequado e equilibrado;
- i) Ilustrações e animações são claras, explicativas e coerentes com os textos; são realmente necessárias, não sendo supérfluas e dispensáveis, nem incentivadoras de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos; são isentas de estereótipos e preconceitos;
- j) O projeto gráfico do *software* cria um ambiente agradável de aprendizagem;
- k) Os alunos podem fácil e independentemente operar o *software*;
- l) O *software* usa apropriadamente capacidades computacionais relevantes tais como animações, *hyperlinks* e outras;
- m) As ferramentas para *navegação* pelo *software* são adequadas;
- n) Pode-se passar de uma tela a outra com rapidez; é fácil retornar ao local prévio durante a navegação; o *software* permite que o leitor se mova livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses;

- o) O *software* opera de modo correto, sem interrupção de suas funções durante a navegação.

Nos itens 8, 10, 23, 30 e 38, embora houvesse concordância plena de mais de 51% dos avaliadores, vários alunos (41,94%; 41,94%; 38,71%; 35,48% e 35,48% respectivamente) indicaram que, nessas categorias, o *software* conseguiu apenas parcialmente:

- a) Conter textos claros e objetivos que estimulam a exploração crítica dos assuntos;
- b) Os textos apresentam informações suficientes para a compreensão dos temas;
- c) Os textos mais longos são apresentados de modo não desencorajador da leitura, com recursos de descanso visual;
- d) As ilustrações e animações possuem títulos, legendas e/ou créditos e fontes de referência que contribuam para sua compreensão;
- e) O *software* utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (botões e *hyperlinks*).

As observações realizadas na ficha de avaliação pelos alunos demonstram que, quanto ao item considerado no tópico *a* da listagem anterior (item 8 da ficha de avaliação), os textos, apesar de serem claros e objetivos, não estimulam a exploração crítica dos alunos de Biofísica, pois já dão conceitos prontos. Quanto ao tópico *b* (item 10 da ficha de avaliação), os avaliadores consideraram que as explicações contidas nos textos do *software*, embora bastante explicativas, são um pouco superficiais, e para um maior aprofundamento do tema tratado, são necessárias informações adicionais retiradas de livros da área de Biofísica. Quanto ao tópico *c* (item 23 da ficha de avaliação), os estudantes comentaram que, embora alguns textos sejam longos, eles são objetivos e necessários, e não chegam a desencorajar dependendo do interesse do aluno. As observações referentes ao tópico *d* (item 30 da ficha de avaliação), indicam que faltam as fontes de referência das figuras e que poderia haver mais legendas em algumas imagens. As observações feitas pelos avaliadores sobre o tópico *e* (item 38 da ficha de avaliação), revelam que o *software* poderia ter *links* para textos, figuras e artigos científicos encontrados na Internet.

Nas questões 12, 17 e 24 a maior parte dos avaliadores (41,94%; 58,06% e 48,39% respectivamente) considerou que o *software* conseguiu apenas parcialmente:

- a) Empregar uma metodologia que não tem como característica principal a memorização de conteúdos e termos técnicos;
- b) Sugerir diferentes análises e perspectivas para os mesmos fenômenos, de modo a desenvolver a curiosidade e o espírito crítico;
- c) Exibir ilustrações e animações que transmitam idéias corretas sobre conceitos e dimensões, com predomínio da indicação de escalas nas ilustrações para a compreensão adequada dos fenômenos apresentados.

As observações contidas nas fichas de avaliação sobre tais itens, revelam que: quanto ao tópico *a* da listagem (item 12 da ficha de avaliação), apesar do *software* auxiliar na aprendizagem significativa, os alunos de Biofísica podem acabar valendo-se em alguns momentos da aprendizagem mecânica (memorização), pois as definições diretas de alguns termos sem antes levar o aluno a pensar, podem realmente induzir à memorização de conteúdo; quanto ao tópico *b* (item 17 da ficha de avaliação), os temas não sugerem diferentes análises e perspectivas para os mesmos fenômenos, pois são expostos como se fossem a versão correta sem abertura para outras análises, sendo conteúdos bastante conceituais; quanto ao tópico *c* (item 24 da ficha de avaliação), os avaliadores afirmaram que apenas algumas imagens possuem escalas e não estão muito bem visíveis, sendo que a grande maioria não as possui.

Sobre tais observações, algumas ressalvas podem ser feitas. Sobre a aprendizagem mecânica ao ler conceitos e definições, o *software* prioriza a visualização das animações para a compreensão do conteúdo (as animações são exibidas em primeiro lugar) do que a leitura dos textos, pois os mesmos servem apenas de complemento para as animações.

Como comentado anteriormente, grande parte das imagens contidas no *software* não possui escalas porque são animações e modelos esquemáticos que priorizam mais o entendimento do conteúdo do que a verdadeira relação de tamanho entre as estruturas esquematizadas, portanto, o uso de escalas sob essas circunstâncias não indicaria o real tamanho das estruturas.

Essas questões levantadas pelos estudantes de metodologia são pertinentes e poderiam até mesmo fornecer algumas dicas para a construção de um *software* mais relacionado a determinados aspectos filosóficos e históricos da ciência, como o Construtivismo. Dessa forma, caberia realizar uma análise mais detalhada aplicando o mesmo questionário a especialistas da área de educação, o que fazia parte das propostas iniciais de metodologia para a avaliação do *software* neste trabalho, mas que não foi possível ser realizada.

A partir das respostas deste instrumento de pesquisa, constatou-se que, segundo todos os avaliadores, o *software* proposto atende plena ou parcialmente aos critérios de avaliação dos itens numerados de 1 a 39, englobando conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógico-metodológicos, aspectos editoriais / visuais e aspectos técnicos. Desse modo, apesar de alguns pontos a serem aperfeiçoados apontados pelas observações dos avaliadores em alguns dos itens de 1 a 39, e diretamente na questão 41, o *software* em análise apresenta, na visão dos avaliadores, características capazes de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de Biofísica.

3.7. Entrevista com os professores de Biofísica

Os perfis dos três professores da disciplina de Biofísica que utilizaram o *software* e participaram das entrevistas são caracterizados a seguir:

- a) Fábio de Oliveira: Graduado em Ciências Biológicas, Mestre em Genética e Bioquímica e Doutor em Biologia Molecular, professor de Biofísica há sete anos;
- b) Marina Abadia Ramos: Graduada em Ciências Biológicas e Mestre na área de Ciências Biomédicas. Atualmente cursando Doutorado em Fisiologia e Farmacologia, professora de Biofísica há dezoito anos;
- c) Rogério de Freitas Lacerda: Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura Plena e Bacharel, e Mestre em Bioquímica na área de Enzimologia e Biologia Molecular, professor de Biofísica há menos de um ano.

Assim como nas entrevistas com os alunos, nos extratos das entrevistas com os professores o símbolo (...) indica a omissão de pequenos trechos desnecessários para o entendimento das idéias expostas. Acréscimos de palavras ou comentários efetuados na edição do texto, para facilitar a compreensão, foram indicados entre colchetes. Os professores entrevistados foram definidos como F (Fábio de Oliveira), M (Marina Abadia) e R (Rogério de Freitas).

3.7.1. Dificuldades no ensino-aprendizagem de Biofísica

Os professores comentaram sobre as dificuldades que tanto eles, quanto os alunos, enfrentam a respeito do conteúdo da disciplina de Biofísica. As dificuldades levantadas pelos professores em suas respostas devem-se ao fato do conteúdo de Biofísica ser complexo, abordando tanto aspectos microscópicos quanto macroscópicos, e para o aluno ter um bom entendimento do conteúdo proposto, ele deve ter uma boa capacidade de imaginar as reações e fenômenos microscópicos. Também foi citado que o professor tem que se esforçar muito, ter uma aula bem estruturada, e acima de tudo, ter um conhecimento aprofundado da matéria. Outros aspectos também podem ser observados nos extratos de entrevistas relacionados abaixo.

F – “Eu costumo dizer que o conteúdo de Biofísica é até então complexo, confesso que para o aluno ter um bom entendimento, o professor tem que se esforçar muito dada as características de alguns tópicos da disciplina, que são muito complexos mesmo. (...) Se você não prepara sua aula, se você não tem um bom entendimento do assunto, você não vai conseguir transmitir a mensagem pro aluno. (...) Então você tem que se esforçar no sentido de ter uma aula bem trabalhada, (...) e além disso, você tem que ter um conhecimento bastante aprofundado dos conteúdos. (...) Acho que isso vale pra qualquer disciplina, a gente só realça a Biofísica porque ela é formada por vários blocos que são independentes. (...) Pra você ter uma idéia, a gente trabalha desde estrutura atômica até sistemas biológicos, (...) então a disciplina na verdade é formada por blocos distintos, o 1º, que é biofísica de membranas, não tem nada haver com o 2º bloco, que é radiação, que não tem nada haver com o 3º bloco, que são soluções, sistema tampão e pH. E o último bloco, que é biofísica de sistemas, não tem nada haver com os demais, então é uma disciplina fragmentada em vários blocos (...). Muitos blocos (...) possuem (...) características [que dificultam o entendimento por parte] do aluno, porque são muitos pormenores. O conteúdo por si só é complexo, (...) principalmente quando você pega ali a parte de membranas, de canais, de impulso nervoso, a gente [aprofunda] bem [nesta parte durante a] disciplina, (...) aí os pormenores complicam bastante pro aluno [entender]. [Outro aspecto, é que na disciplina] o aluno (...) vê matemática, física, química, biologia, então [ele] tem que estar com a cabeça bem aberta [a essas outras áreas] pra [compreender o conteúdo]”.

M – “[A dificuldade é] a condição que o aluno tem de [ter que imaginar] o que [o professor] está [explicando] na teoria, não é uma coisa que se vê macroscopicamente. (...) Todo processo microscópico ao nível celular que não é possível ver a olho nu, o aluno tem dificuldade de [compreender as explicações], absorver e transformar numa informação segura e concreta. A disciplina [também] de um modo geral é muito difícil, muito complicada pro entendimento (...) dos alunos”.

R – “[A dificuldade do aluno é] a questão de visualização, de como que é (...) a teoria [relacionada] com a prática, [imaginar] como [são os processos que ocorrem na] célula, [como as] correntes elétricas. O aluno não consegue abstrair, [não consegue] captar aquilo que você tenta passar na teoria (...) [por falta de imagens e animações que mostrem a dinâmica celular]”.

3.7.2. Possibilidade de apoio do *software*

Ao serem questionados se o *software* pôde ou não ajudar no entendimento do conteúdo, os três professores declararam que o programa realmente contribuiu para um entendimento mais facilitado do conteúdo por parte dos alunos.

F – “Eu não tenho dúvida nenhuma que o *software* foi uma aquisição (...) que contribuiu muito pro entendimento [dos alunos] dessa parte de biofísica de membrana, não tenho a menor dúvida. Antes do *software* (...) o aluno tinha certa dificuldade pra entender [o conteúdo], mas no final da história acabava entendendo, agora [quando utilizo o *software* eu observo] quando os alunos começam a ver o *software*, percebo a expressão [deles quando vêem] as animações, eles conseguem fazer uma ligação com aquilo que foi visto em sala de aula, então eles falam assim ‘Ah! Então é assim que acontece?!’, muitas vezes falam ‘Que legal! Agora eu entendi!’, então eles conseguem, sem a menor dúvida, (...) entender a Biofísica de membrana com grande facilidade. (...) Não tenho a menor dúvida, esse *software* (...) de Biofísica veio [para] ajudar muito os alunos, tanto é verdade, que no final dessa aula com o *software*, os alunos querem porque querem uma cópia [dele].

M – “O *software* [faz com que o aluno] (...) faça uma ligação entre o que foi falado [em sala de aula] e o que acontece internamente a nível microscópico [mostrado pelas animações].

As dúvidas que aparecem são respostas positivas, mostram que [os alunos] estão assimilando e concretizando a informação, então o *software* é importante nesse sentido, quando [o aluno] visualiza o modelo, ele percebe exatamente o que estávamos tentando dizer [na teoria]. (...) As aulas melhoraram muitíssimo por conta do *software*, e além dele aumentar o nível delas, [pois] saiu do âmbito do quadro e giz passou para um âmbito maior que hoje é a informática, por ser uma linguagem mais perto [dos estudantes, eles se motivam], é uma forma de aprender com facilidade e do jeito que eles gostam de trabalhar”.

R – “[O uso do *software*] foi positivo pelo fato de que a animação que ele [fornece] dá aquela dinâmica [no entendimento dos processos que ocorrem] na célula. A gente vê na teoria uma coisa estática, quando [o aluno] pega o *software* (...) ele vai ver [o que estudou na teoria agora em] movimento, [observa por meio das animações] como que tá acontecendo o transporte através da membrana, a passagem do impulso nervoso, e assim por diante. Sem dúvida o aluno entende [o conteúdo mais facilmente] utilizando o *software*”.

3.7.3. Metodologia de aplicação em sala de aula

O *software* de Biofísica já foi aplicado na disciplina de duas maneiras distintas: a primeira foi por meio de uma aula expositiva na qual o professor utilizava o *software* projetado em *data-show*; e na segunda, os alunos foram conduzidos a um laboratório de informática onde eles mesmos navegavam pelo *software* seguindo orientações do professor. Ao questionar os professores sobre qual dessas metodologias de aplicação seria a mais adequada para um melhor aproveitamento das aulas, obteve-se as seguintes respostas:

F – “(...) Está muito claro que, quando o aluno bota a mão no *software*, [navegando] por si só (...) com orientação [do professor], ele tem um desempenho [maior]. O interesse na aula [quando o aluno utiliza o programa] é muito maior do que quando eu estou dando aula expositiva com o mesmo. Sem dúvida o *software* motiva [os alunos, mas] isso não quer dizer que quando eu dava a aula [expositiva] utilizando o *software*, ele não surgia esse efeito, [pois até mesmo na aula expositiva], cada animação que aparecia eu escutava ‘Nossa que legal! Agora eu entendi! Assim é fácil!’. [Mas vejo que] quando o aluno vai navegar sozinho, [o rendimento é] maior”.

M – “(...) [Os alunos] adoram [o *software*]. [Na aula no laboratório de informática] eles vão e voltam na animação e isso é muito bom, porque se eu trabalhasse na forma de *data-show*, [talvez os alunos] não [teriam] essa oportunidade de voltar e rever as animações, [provavelmente] eu teria que andar mais rápido, e na aula com computador [o aluno] trabalha tranquilo, ele [revê as animações] quantas vezes ele quiser (...)”.

R – “(...) Eu acho positivo o aluno mexer [no programa], porque assim ele consegue caminhar com suas próprias pernas. [Entretanto], acho que fica faltando uma junção entre esses dois tipos de [metodologia]. Acho que [o professor] tem que dar a [aula expositiva com o *software*, dessa forma] ele vai direcionando o conteúdo e pode mostrar os pontos que ele acha mais importante. Mas também acho [necessário o professor] deixar o aluno navegar pelo *software* (...)”.

Como se pode observar, todos os professores consideram muito importantes as aulas de Biofísica no laboratório de informática, onde os alunos podem *navegar* sozinhos pelo programa com a devida orientação do professor. Entretanto, como foi visto no extrato da entrevista de um dos professores, é importante que o professor apresente o *software* durante uma aula expositiva com *data-show*, direcionando o conteúdo e até mesmo retirando dúvidas específicas que surgiram naquela determinada turma. Vale ressaltar que todos os professores consideraram que o aluno deve *navegar* sozinho pelo *software*, pois poderá ver e rever as animações quantas vezes julgar necessário, assim como realizar a seqüência que ele achar melhor. O aluno terá mais autonomia, e essa é uma questão importante na educação contemporânea, uma vez que os alunos cada vez mais se sentem independentes e autônomos para realizar a aquisição de seus conhecimentos.

Segundo Clunie; Souza (1994 apud MACHADO, 2006, p. 127-128) a hipermídia apresenta várias características relevantes para a área educacional, dentre elas destacamos:

“**b) Ferramenta cognitiva.** Atuação na condição de ferramenta cognitiva capaz de auxiliar o aluno em tarefas e processos cognitivos complexos, utilizando-se de recursos do computador que possibilitam ampliar e prolongar a cognição humana, tais como velocidade de processamento, capacidade de armazenamento, resolução gráfica e múltiplas janelas na tela. Com esse apoio, o aluno pode estar mais livre para empregar seus recursos cognitivos em questões mais complexas, dentre estas a resolução de problemas. Nos casos em que se deixa o estudante ser responsável pela autoria de sistemas hipermídia, este pode estar sempre ativo no processo, construindo o próprio conhecimento.” [...]

“e) *Exploração livre*. Livre *navegação* pelo espaço literário, permitindo a exploração dos documentos em qualquer seqüência desejada, conforme a estrutura criada pelo autor, seja de modo linear ou desviando-se temporariamente com o acionamento de *links* relacionados ao tema principal, segundo o interesse do momento”.

“i) *Motivação*. Atendimento às necessidades de satisfação e estímulo do aluno frente à novidade, com ambientes interativos que demandam a atuação permanente”.

3.7.4. Falhas do *software*

Os professores também foram questionados quanto a possíveis falhas ou pontos que *software* deixa a desejar relacionado ao conteúdo que ele apresenta. Os professores disseram não ter notado falhas relacionadas ao que o *software* se propõe a fazer, entretanto um deles sugeriu uma mudança no mesmo. Um dos professores acrescentou que é importante haver outros *softwares* educacionais para outros módulos da disciplina de Biofísica.

F – “Não [vi falhas], acho que a falha está em não ter um programa desses (...) pra outros tópicos da disciplina”.

M – “Não [observei nenhuma falha] no que ele se propõe a fazer (...). Está excelente pro nível que é e pra situação em que [é utilizado] (...). Está muito bom, muito bem feito e trabalhado, [possui] textos que complementam as animações (...). Acho que está muito bom”.

R – “Ah, não sei te falar isso, porque eu vejo o lado positivo dele. Ele atendeu as aulas que a gente teve, (...) foi eu que ministrei [algumas das] aulas, e a partir do *software* eu vi que teve um rendimento maior em relação as aulas teóricas. O que poderia assim [melhorar] é a parte de texto mesmo, (...) dependendo do texto [está] muito resumido né, [poderia ser] mais aprofundado, [poderia ter também] *links* pra outras aplicações, (...) pesquisa na internet, uma parte bem mais prática, (...) exercícios e outras utilidades. O *software* dá a parte básica, só que [é um pouco falho caso] o aluno queira aprofundar naquele tema”.

3.7.5. Considerações finais a respeito do *software*

O professor Fábio de Oliveira relatou que o *software* auxilia as aulas de tal maneira, que está fazendo parte novamente de um projeto PIBEG para a construção de outro *software* educacional para Biofísica, agora abordando um novo módulo da disciplina. Nas palavras do professor:

F – “Eu achei tão importante essa história do *software* pro aprendizado do aluno, que nesse momento eu estou com duas alunas fazendo parte do PIBEG novamente né, montando um novo *software* para um outro tópico da Biofísica, que são os ‘Métodos Biofísicos de estudos’. Na verdade [o seu] *software* (...) me chamou a atenção, dá pra perceber que [quando ele é utilizado] é uma outra aula, outra dinâmica, e isso me motivou a fazer [parte de] outro [projeto PIBEG pra construção de outro programa contendo animações] pra outro tópico da Biofísica, [e esse novo *software*] está ficando muito bom”.

Esses relatos demonstram que as animações contidas no *software* auxiliaram sobremaneira no entendimento dos alunos, facilitando o trabalho dos professores na explicação deste conteúdo na disciplina de Biofísica.

4. CONCLUSÃO

As observações realizadas durante a aplicação do *software* revelaram que, de modo geral, o programa alcançou seus objetivos de tornar a aprendizagem do conteúdo de biofísica de membrana mais motivadora e interessante, conseguindo gerar o engajamento dos estudantes na exploração do *software* e no esclarecimento de dúvidas.

As respostas predominantemente favoráveis na análise do questionário de opinião dos estudantes de Biofísica, permitem concluir que o uso do *software* foi considerado importante para uma melhor aprendizagem do conteúdo da disciplina por agregar elementos que contribuem para a assimilação do conteúdo através de imagens e animações que motiva e desperta a atenção dos alunos.

A partir das respostas obtidas no questionário entregue aos licenciandos, conclui-se que o *software* proposto atende plena ou parcialmente aos critérios de avaliação que englobam conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógico-metodológicos, aspectos editoriais / visuais e aspectos técnicos.

As falhas apontadas em certos pontos do *software*, e as sugestões dadas pelos licenciandos e professores, como a necessidade de ter uma maior interação em determinadas passagens, conexões com sites da internet e artigos científicos, índice geral para melhor localização dos temas, entre outras, deverão ser levadas em conta para o aperfeiçoamento do *software*.

Considera-se que a metodologia para aplicação do *software*, devido considerações feitas pelos professores, poderá variar de turma para turma dependendo do nível de entendimento dos alunos durante as aulas teóricas.

Observou-se que os alunos e professores de Biofísica estão muito satisfeitos por ter o *software* em mãos para ajudar no entendimento das explicações de biofísica de membrana.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, B. **Biologia Molecular da Célula**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 3º edição, 1997.
- ATHAYDE, M. I. **Desenvolvimento, aplicação e avaliação de coursewares de física para o segundo grau: uma experiência piloto**. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, FE, UFRJ, 1990.
- BARDAKJIAN, B. L. et al.. Nonlinear system identification of hippocampal neurons, 1994. In: MARMARELIS, V. Z. (ed.). **Advanced Methods of Physiological Systems Modelling**. New York: Plenum Press, v. 3, p.179-194, 2003.
- BERTOLDI, S. **Avaliação de Software Educacional - Impressões e Reflexões**. 1999. 31f. Bacharel em Ciência da Computação - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BERGER, T.W. et al.. Brain-Implantable biomimetic electronics as the next era in neural prosthetics. In: Special Issue on Neuro-engineering. **Proc. of the IEEE**, v. 89, n. 7, 2001.
- CAMPOS, F. C. A. **Hipermídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade**. ix, 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.
- CAMPOS, F.; CAMPOS, G.; ROCHA, A. R. Dez etapas para o desenvolvimento de software educacional do tipo hipermídia. In: **Anais do III Congresso Ibero-americano de Informática na Educação RIBIE**. Barranquilla, Colômbia, 1996.
- CASAS, L. A. A.; BRIDI, V. L.; FIALHO, F. A. Construção de conhecimentos por imersão em ambientes de realidade virtual. In: GUIMARÃES, A. de M. (Ed.) **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Belo Horizonte: DCC/UFMG, p. 29-43, nov. 1996.
- CLUNIE, G. E. T. de; SOUZA, J. M. de. **Hipertecnologias: recursos educacionais**. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994.
- CONKLIN, J. Hypertext: an introduction and survey. **IEEE Computer**, [S.l.], v. 20, n. 9, p. 17-41, Set. 1987.
- COSCARELLI, C. V. O uso da Informática como instrumento de ensino-aprendizagem. **Revista Presença Pedagógica** – v. 4, n. 20, mar./abr., 1998, p.37-44.
- GALVIS-PANQUEVA, A. H. Software educativo multimídia: aspectos críticos no seu ciclo de vida. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, p. 09-18, Florianópolis, SC, set, 1997.

- GLADSCHEFF, A. P.; ZUFFI, E. M.; SILVA, D. M. da. Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - VII Workshop de Informática na Escola**, Fortaleza, CE, Brasil, 2001.
- JOHANSEN, C. C. A. Leitura Mágica – Software Educacional para Alfabetização. In: **1º SICOMPI - Simpósio de Computação, Informática e Tecnologia do Vale do Taquari - 1º WCOMPI - 1º Workshop de Computação e Gestão da Informação**. Centro Universitário UNIVATES, Lajedo, RS, 2002.
- JONASSEN, D. H. Hypertext: principles for text and courseware design. **Educational Psychologist**, [S.l.], v. 21, n. 4, p. 269-292, 1986.
- KANDEL, E. C.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Principles of Neural Sciences**. New York: Mc-Graw Hill Inc., 1413 p., 2000.
- KANDEL, E. C.; SCHWARZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1340 p., 2001.
- KAWAMURA, M. R. D. Linguagem e Novas Tecnologias. In: ALMEIDA, M. J. P. M. de, SILVA, H. C. da. (Orgs.). **Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência**. Campinas, SP: Mercado de Letras, 1998.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 3ª edição, 2002.
- LÜDKE, M; ANDRE, M. E. D. **A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Editora Pedagogia e Universitária LTDA, São Paulo: EPV, 1986.
- LUCENA, M. W. F. P. **O uso das tecnologias da informática para o desenvolvimento da educação**. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994.
- MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V. A. da C. Avaliação da Hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da Física: O caso da gravitação. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 75-100, 2004.
- MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.
- PINTO, J. M. R. O Ensino Médio. In: OLIVEIRA, R. P.; ADRIÃO, T. (Org.). **Organização do Ensino no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Xamã, v. 2, p. 51-76, 2002.
- TAGIKU, A. M. **Microcomputadores: o ponto de vista dos alunos**. 2001. 103f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- TEIXEIRA, A. C; BRANDÃO, E. J. R. Software Educacional: o difícil começo. **Novas Tecnologias na Educação**, CINTED-UFRGS, v. 1, nº 1, fev, 2003.

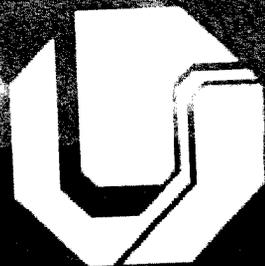
ALVES, L. M. F. Análise de Softwares Educacionais. **Educ. Rev.**, Belo Horizonte(6): 41-44, dez. 1987. Disponível em <<http://www.uel.br/seed/nte/analisedesoftwares.html>> Acesso em Fevereiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais (ensino médio): parte III – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. [Brasília], 2000. 58 p. Disponível em <<http://www.mec.gov.br/seb/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em novembro de 2006.

MATTHEWS, G. G. **Neurobiology – Molecules, Cells and Systems – Animations**. Disponível em <<http://www.blackwellpublishing.com/matthews/animate.html>> Acesso em setembro de 2006.

WIKIPÉDIA. **A Enciclopédia livre**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal> Acesso em fevereiro de 2007.

ANEXOS



Universidade Federal de Uberlândia

**Programa Institucional de
Bolsas de Ensino de
Graduação**

Apresenta

*Processos Biofísicos da
Neurotransmissão*

Coordenador: Fábio de Oliveira
Orientador: João Batista Destro Filho

por S. L. Guimarães

Manual do Usuário

Samuel Leite Guimarães

Requisitos do Sistema

Para utilização do software de animação recomendamos utilizar um computador com os seguintes requisitos:

- Sistema operacional Windows 98 / ME / 2000 / XP;
- Processador de 500 MHz ou superior;
- 64 MB de memória RAM ou superior;
- Placa de Vídeo de 8 MB ou superior;
- Monitor colorido de 16 ou 32 bits;
- DirectX 8.0 ou superior (Incluso no CD-ROM);

É importante lembrar que se o computador a ser utilizado for inferior nos requisitos mencionados acima poderá haver problemas de velocidade nas animações do software.

Antes de iniciar o software das animações, instale as seguintes fontes no seu computador: Tolkien Regular (*Tolky.ttf*), Shelley Volante (*Shelley Volante.ttf*) e Pterra dactyl (*Pterra dactyl.ttf*). Todas essas fontes se encontram no diretório "Suporte" do CD-ROM. Para instalá-las basta copiar os três arquivos referidos e colar no diretório de fontes do Windows, normalmente "C:\Windows\FONTS". Caso tenha dificuldades na instalação das fontes, aperte F1 e digite "Instalação de Fontes" e depois siga as instruções da ajuda do Windows.

Este manual também se encontra na versão digitalizada dentro do diretório principal do CD-ROM com o nome "*Manual do Usuário.pdf*". Para abri-lo é necessário ter instalado o programa Adobe Acrobat Reader versão 4.0 ou superior. Dentro do diretório "Suporte" encontra-se o instalador desse programa na versão 5.0, que é de livre acesso, com o nome "*Acrobat5.exe*".

Demais programas também necessários a utilização das animações encontram-se no diretório "Suporte" sob o nome "*Dx80brz.exe*".

O software da animação encontra-se no diretório principal do CD-ROM com o nome "Processos Biofísicos da Neurotransmissão". Para abri-lo basta clicar duas vezes sobre o arquivo, caso isso não seja automaticamente realizado ao ser inserido o CD-ROM. Para abrir o CD-ROM sem que o programa de animação seja iniciado, clique com o botão direito sobre o CD e selecione a opção "Abrir".

Parte 1 - A Célula

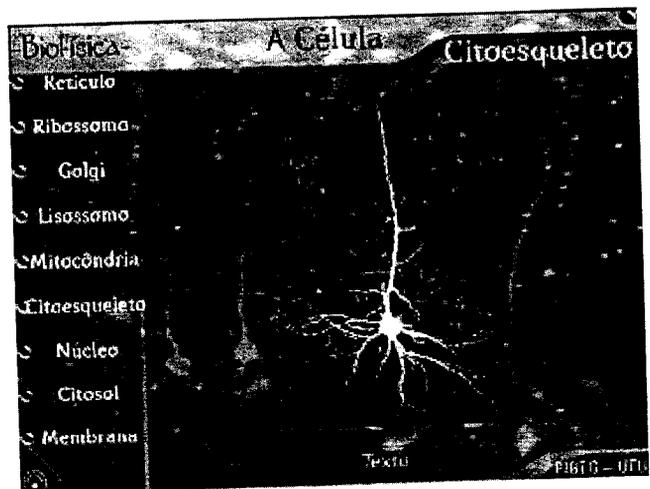
Na primeira parte do software, no centro da tela aparecerá uma pequena demonstração de imagens de algumas células. Na porção esquerda da tela há um menu com nove itens. Sempre o último item leva a uma outra parte do software.

O nome na parte superior central da tela mostra em qual parte do software a animação se encontra. O botão “home” (formato de uma casa no canto esquerdo inferior) retorna ao início de cada parte ou retrocede uma parte (se você estiver na Parte 3 e clicar sobre o botão “home” retornará para a Parte 2).

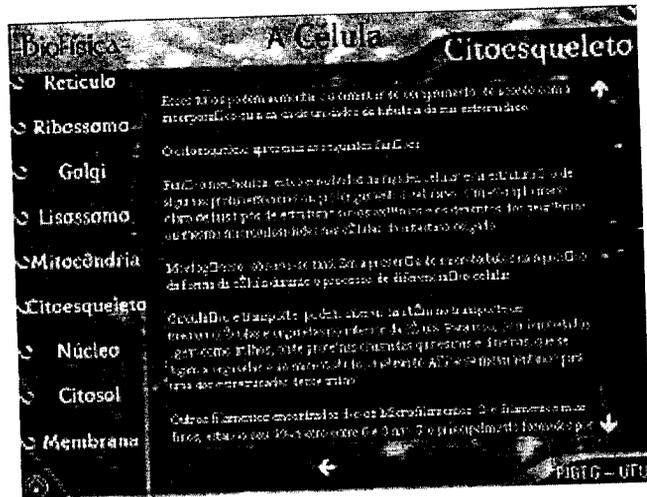
Cada botão do menu (exceto o último) mostrará cenas ou animações dos assuntos referentes à parte “Célula”. Para acessar essas cenas ou animações basta clicar em um item. Ao clicar aparecerá uma nova tela no centro da tela com as cenas ou animações do respectivo item.

Os botões “Reticulo, Ribossomo, Golgi, Lisossomo, Mitocôndria, Citoesqueleto e Núcleo” irão acessar telas com as imagens de suas organelas ou estruturas respectivas. Em cada uma dessas telas aparecerá um botão “Texto” na parte central inferior da tela. Ao clicar nesse botão o software carregará um texto sobre as principais funções e importâncias da respectiva organela. As setas do lado direito

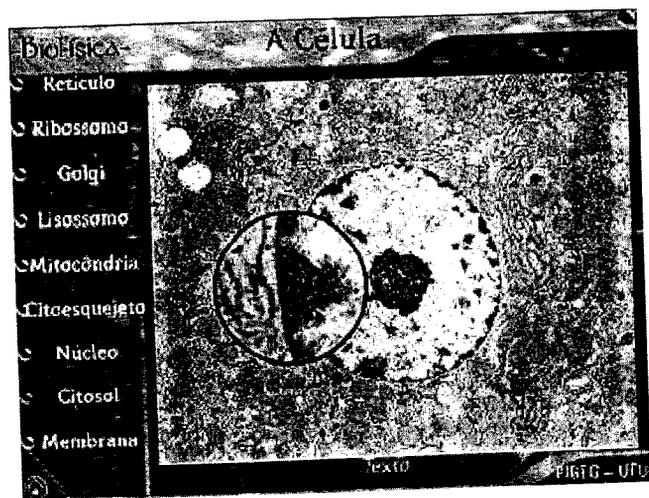
do campo do texto servem para “rolar” o texto para cima ou para baixo. Caso o texto for grande, basta deixar o cursor do mouse sobre essas setas para que o texto role para cima ou para baixo a fim de mostrá-lo todo. Para voltar para a tela anterior (a



da cena ou animação) basta clicar num botão em forma de seta voltada para a esquerda que se encontra na parte inferior da tela.



O botão “Citosol” mostrará uma tela onde se encontra uma micrografia eletrônica de uma célula animal qualquer. Nota-se na imagem o núcleo e nucléolo celular como também diversas outras estruturas e organelas. Nessa tela ao passar o cursor do mouse sobre a imagem o círculo preto funcionará como uma lente, ampliando a imagem para melhor ver os detalhes das organelas e outras estruturas contidas no citosol.



Ao clicar no último botão, “Membrana”, o software irá para a segunda parte.

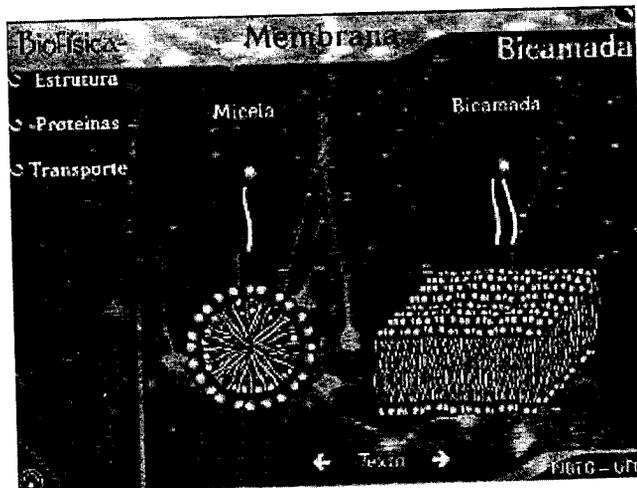
Parte 2 - Membrana

A segunda parte contém três itens no menu da esquerda, “Estrutura, Proteínas e Transporte”. Para voltar para a primeira parte, “A Célula” clique no botão “home” que se localiza no canto esquerdo inferior da tela.

Ao clicar em “Estrutura” você entrará na parte onde estarão ilustrações sobre os componentes estruturais das membranas biológicas. Para avançar para a próxima tela, ainda dentro do tópico “Estrutura”, clique no botão em forma de seta

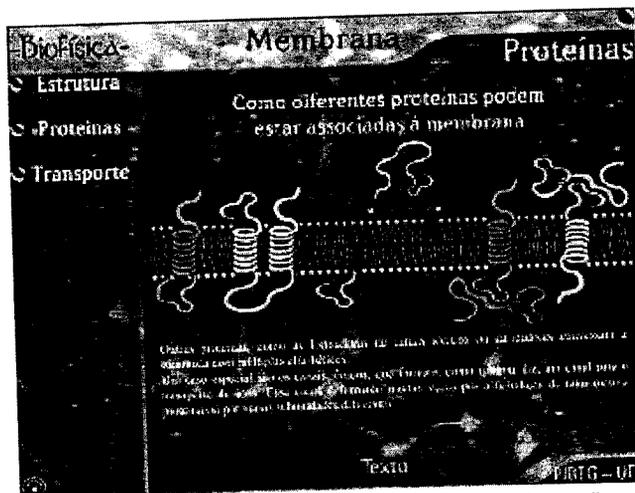
voltada para a direita localizado na parte inferior da tela. Ao fazer isso aparecerá um modelo esquemático tridimensional de um fosfolipídio. Também nessa tela na parte inferior aparecerão setas voltadas para a esquerda e para a direita como também o botão "Texto".

Nessas telas as setas viradas para a direita levam-no para a próxima tela dentro do tópico selecionado. As setas voltadas para a esquerda retrocedem uma tela dentro do tópico. Os botões "Texto" levarão para uma tela onde o software carregará um texto sobre o subtítulo do item selecionado. Para sair da tela



do texto basta clicar na seta voltada para a esquerda, a fim de retroceder uma tela. Para avançar para as telas dos outros subtítulos do item e visualizar seus respectivos textos clique na seta virada para a direita.

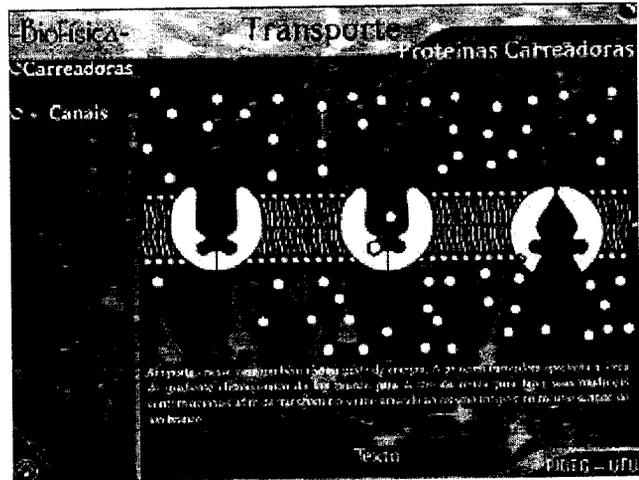
Ao clicar em "Proteínas" surgirá um esquema bidimensional e estático de uma bicamada lipídica com algumas proteínas. Para ler uma breve explicação sobre como essas proteínas podem estar inseridas na membrana deixe o cursor do mouse sobre uma delas a fim de mostrar um pequeno texto explicativo. Para ler um texto mais completo sobre as proteínas de membrana clique no botão "Texto" na parte inferior da tela. Uma vez no texto para voltar à tela anterior clique na seta voltada para a esquerda.



Parte 3 - Transporte

Ao clicar no último item da parte 2, aparecerá os itens da terceira parte, “Transporte”. Nessa parte temos somente dois itens, o “Carreadoras” e “Canais”.

Ao clicar em “Carreadoras” aparecerá uma tela com um esquema de membrana como também algumas proteínas inseridas nela. De um lado e de outro da membrana estarão dois tipos de solutos, o “amarelo” e o “branco”. Essa membrana é dividida em três partes. Ao deixar o cursor do mouse sobre a primeira parte automaticamente surgirá um pequeno texto na parte inferior da tela dando uma breve explicação sobre a atividade daquele tipo de proteína carreadora ilustrada. As outras duas partes também funcionam da mesma forma, deixa-se o cursor do mouse sobre uma parte da imagem a fim de ativar a animação e também para mostrar o pequeno texto explicativo. Para um texto mais abrangente sobre o tema de proteínas carreadoras basta clicar no botão “Texto” que se encontra na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto mais abrangente para voltar a tela das proteínas carreadoras basta clicar na seta voltada para a esquerda.



O outro item do menu, “Canais”, também faz parte do assunto de transporte através da membrana, mas foi feito uma parte em separado para esse item.

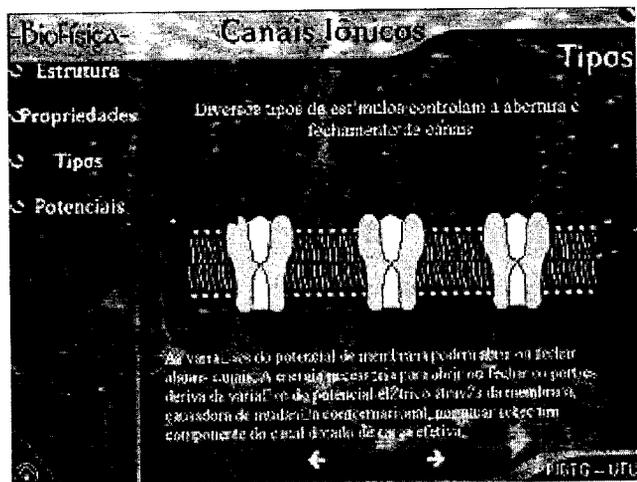
Parte 4 - Canais

Ao clicar no item “Canais” da terceira parte aparecerá a tela referente a quarta parte do software. A quarta parte contém mais quatro itens, “Estrutura, Propriedades, Tipos e Potenciais”.

Clicando em “Estrutura” a parte central da tela mostrará dois modelos esquemáticos de canais iônicos e ao deixar o cursor do mouse sobre cada um desses esquemas surgirá um pequeno texto explicativo identificando algumas estruturas dos canais iônicos. Para um texto mais abrangente sobre a estrutura de um canal iônico basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela.

Clicando em “Propriedades” surgirá uma tela sem esquemas ou animações. Essa tela contém um texto sobre as principais propriedades de qualquer canal iônico.

Ao clicar em “Tipos” surgirá uma tela com um esquema de membrana e três canais iônicos. A primeira parte do item refere-se a modelos diferentes para abertura ou fechamento de canais. Ao deixar o mouse sobre qualquer um dos canais aparecerá um pequeno texto explicativo sobre como esses canais



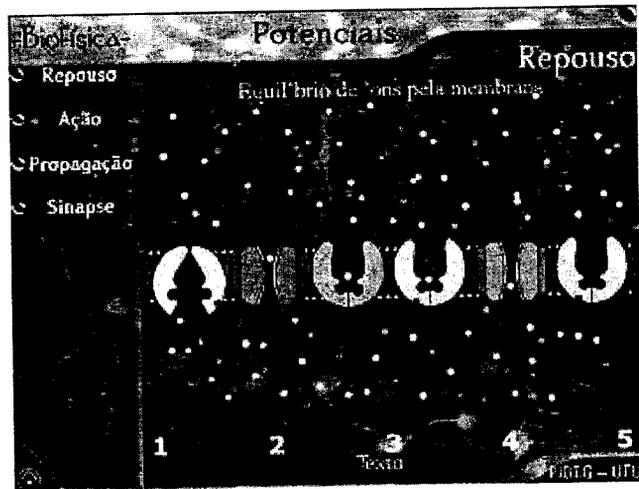
estão sendo fechados ou abertos. Automaticamente ao deixar o mouse sobre um dos canais também será ativada uma pequena animação mostrando os canais se abrindo e fechando. Para acessar a segunda parte do item “Tipos” basta clicar na seta direcionada para a direita. A segunda parte do item refere-se a como os canais podem ser ativados. Nessa parte também há três canais inseridos no modelo de membrana. Da mesma forma, deixando o cursor do mouse sobre um dos três canais será ativada uma pequena animação referente a cada canal e também será mostrado um breve texto sobre como cada canal pode ser ativado.

A terceira parte do item “Tipos” também contém três canais iônicos. Essa parte refere-se a como os canais iônicos podem ser inativados, ou seja, incapazes de responder momentaneamente a estímulos para abrir ou fechar seus poros. Da mesma forma, ao deixar o cursor do mouse sobre cada um dos canais será ativada uma pequena animação mostrando como cada canal será inativado. Somente nessa última tela do item “Tipos” é que aparece o botão “Texto”, e ao clicar nele surgirá um texto explicando brevemente os diversos tipos de canais iônicos.

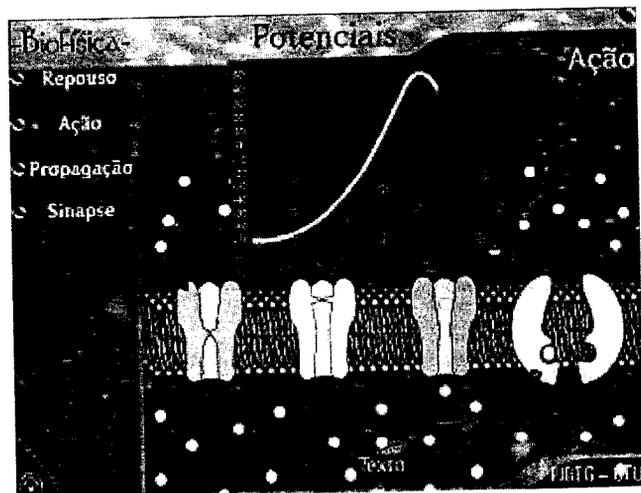
Parte 5 - Potenciais

Ao clicar no último item da quarta parte, surgirá a tela com os novos itens referentes a quinta parte, "Potenciais". Essa parte contém mais quatro itens no menu a esquerda da tela, "Repouso, Ação, Propagação e Sinapse".

Ao clicar no item "Repouso" surgirá uma tela com um esquema de membrana e várias proteínas, tanto carreadoras quanto canais inseridos na membrana como também os números de 1 a 5 na parte inferior da tela, logo acima do botão "Texto". Ao deixar o mouse sobre o número 1 aparecerá um texto explicando brevemente a animação que o botão "1" ativa. Para ativar a animação referente ao texto, clique no botão "1" e mantenha o cursor do mouse sobre esse número. Faça o mesmo com os números 2 a 4, onde cada um, ao deixar o cursor do mouse sobre o número, exibirá um pequeno texto e ao clicar no número referente ativará uma pequena animação. O número 5 é finalmente o botão que ativa a animação geral da membrana em "repouso". Para ativar a animação geral do item clique no botão "5" e mantenha o cursor do mouse sobre tal número. Para uma explicação mais detalhada clique no botão "Texto" na parte inferior da tela.

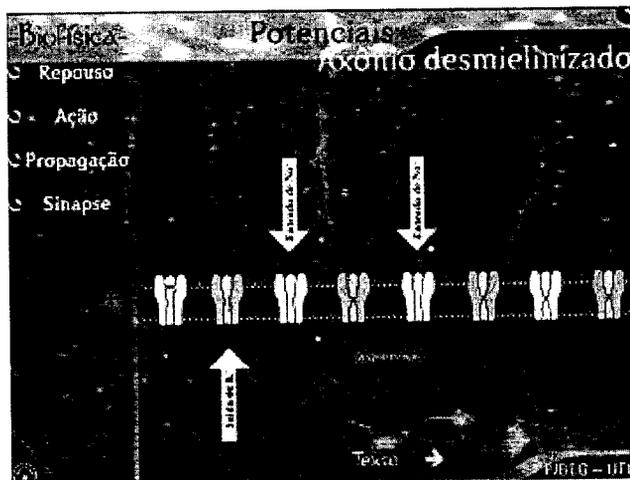


Ao clicar no item "Ação" surgirá um esquema de membrana com alguns canais iônicos e também mostrando as cargas resultantes na membrana, devido o movimento das mesmas no potencial de repouso. Também está ilustrado um esquema de um neurônio e em destaque no neurônio as regiões onde ocorre o processo ilustrado nessa etapa. Assim que o cursor estiver acima das figuras surgirá



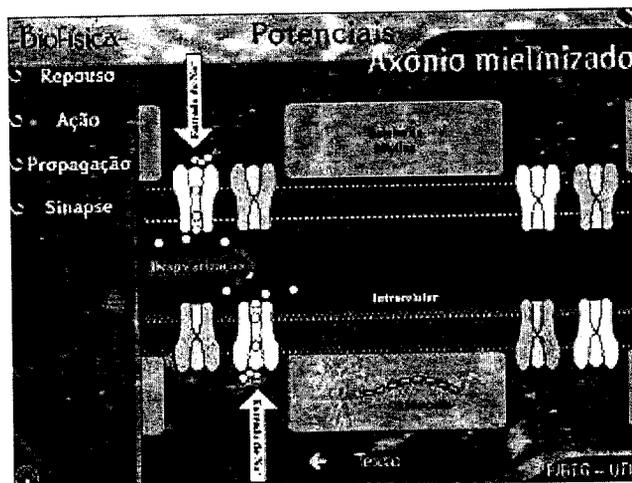
um pequeno texto explicando brevemente cada item ali ilustrado. Ao clicar sobre qualquer parte da ilustração será ativada a animação do potencial de ação. Aparecerão então os solutos na parte superior e inferior da membrana como também um pequeno gráfico ilustrando o potencial da membrana a cada momento da animação. Para que a animação continue é preciso manter o cursor do mouse sobre alguma parte da cena mostrada. Para acessar um texto mais explicativo de como é gerado um potencial de ação basta clicar no botão “Texto”.

Ao clicar no item “Propagação” será mostrada a primeira parte do item, a “Propagação do Potencial de Ação num Axônio Desmielinizado”. Nessa primeira cena aparecerá uma membrana com vários canais inseridos e também na parte superior da tela um esquema de um neurônio mostrando onde ocorre o processo



que será mostrado na seqüência. Para ativar a animação da propagação do potencial de ação em axônio desmielinizado basta clicar sobre a membrana e ver a animação. Nesse caso não é preciso manter o cursor do mouse sobre a animação para que ela possa continuar. Para ler um texto explicativo sobre a esse tipo de propagação do potencial de ação basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto, para voltar para a cena da animação clique na seta voltada para a esquerda.

Para acessar a segunda parte clique na seta que está à direita do botão “Texto” na tela da primeira parte do item “Propagação”. A segunda parte refere-se à “Propagação do Potencial de Ação num Axônio Mielinizado”. Nessa segunda tela está uma ilustração mostrando um axônio com bainha de mielina e dois nós de Hanvier com alguns canais iônicos. Na parte de baixo da tela encontra-se o



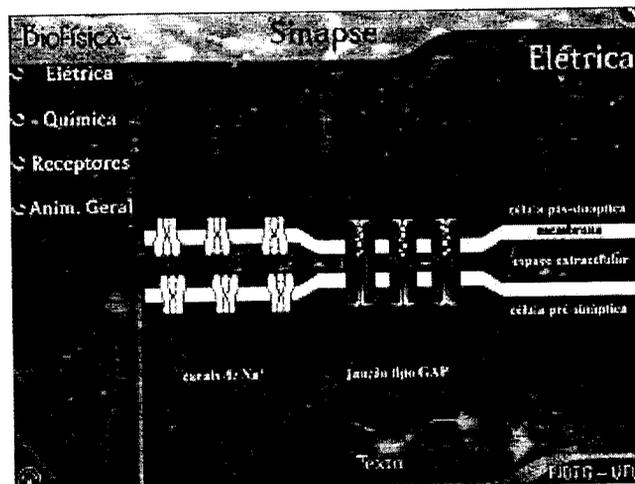
esquema do neurônio indicando onde ocorre o processo que será ilustrado a seguir. Para ativar a animação basta clicar sobre qualquer parte da ilustração. Nesse caso não é necessário que o cursor do mouse permaneça sobre a animação para que essa continue. Para acessar um texto explicativo sobre esse processo de propagação clique no botão “Texto” na parte inferior da tela. Uma vez dentro da tela que contém o texto, para voltar para a cena da animação clique na seta voltada para a esquerda.

Ao clicar no último botão, “Sinapse”, o software irá para a sexta parte

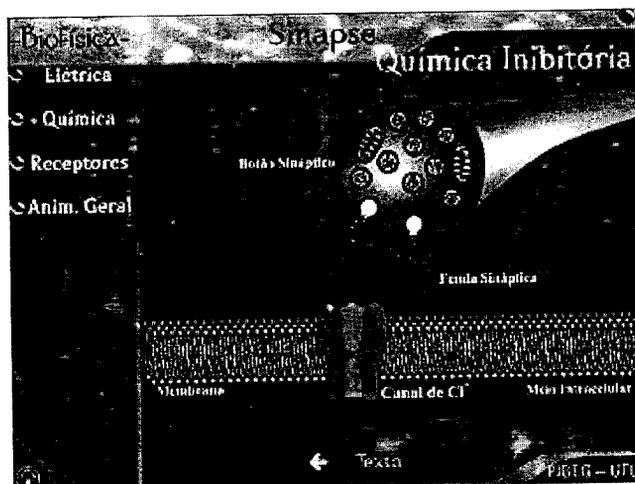
Parte 6 - Sinapse

Nessa última parte do software de animação existem mais quatro itens no menu, “Elétrica, Química, Receptores e Animação Geral.

Ao clicar no item “Elétrica” surgirá na tela um esquema onde aparecem duas membranas de duas células distintas que são unidas por uma junção tipo GAP. Aparecem também alguns canais iônicos de sódio. Para ativar a animação basta clicar sobre qualquer parte da figura. Também nesse caso não é preciso deixar o cursor do mouse sobre a figura para manter a animação ativa. Para ler um texto explicativo sobre esse tipo de sinapse basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela.

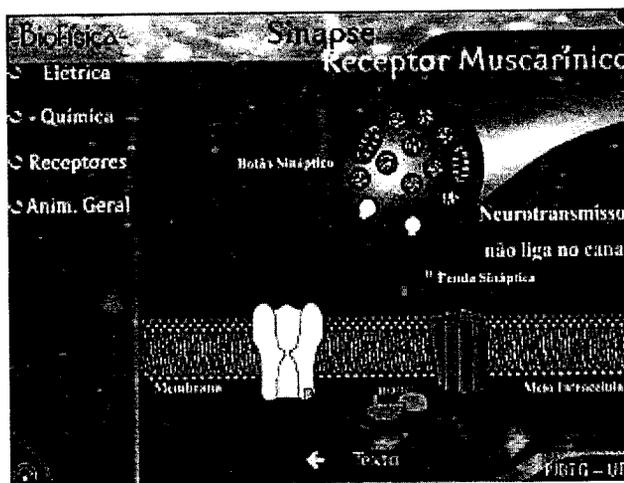


Ao clicar no item “Química” surgirá um esquema de uma sinapse química onde estarão presentes as



estruturas do botão sináptico, a fenda sináptica, a membrana da célula pos sináptica, os respectivos canais dessa membrana entre outros elementos. Essa primeira parte do item mostra uma “Sinapse Química Excitatória”. Para ativar a animação referente a essa parte do item clique sobre qualquer parte da ilustração. Para ler um texto sobre a sinapse química excitatória clique no botão “Texto”. Uma vez dentro da parte que mostra o texto, para voltar à animação clique na seta voltada para a esquerda. Para mostrar a segunda parte do item, clique na seta voltada para a direita. Fazendo isso mostrará um mesmo esquema de sinapse, porém uma “Sinapse Química Inibitória”. Do mesmo modo, para ativar a animação basta clicar sobre qualquer parte da ilustração. Também há um texto sobre esse tipo de sinapse inibitória, para lê-lo clique no botão “Texto” na parte inferior da tela.

Ao clicar no item “Receptores” será mostrada a tela da primeira parte desse item, “Receptor Nicotínico”. Para ativar a animação clique em qualquer área da imagem. Para ler o texto referente aos receptores nicotínicos basta clicar no botão “Texto” na parte inferior da tela. Para avançar para a segunda parte do item



“Receptores” basta clicar na seta voltada para a direita. Ao acessar a segunda tela será exibida a imagem referente ao subtítulo “Receptor Muscarínico”. Para ativar a animação dessa segunda parte clique sobre qualquer ponto da ilustração. Para ler o texto sobre receptores muscarínicos clique no botão “Texto” na parte inferior da tela.

Para voltar para partes anteriores basta clicar no botão ‘Home’ no canto inferior esquerdo. Para fechar o software clique no botão no alto da tela no canto direito.

Também encontra-se disponibilizado no CD-ROM um mapa teórico com os principais eventos bioquímicos e fisiológicos da neurotransmissão. Esse mapa teórico detalhe e ilustra as seguintes etapas:

- Síntese e Diversidade de Neurotransmissores;

- Citoesqueleto, Motores Moleculares e Transporte de Vesículas de Neurotransmissores;
- Estrutura das Membranas Biológicas;
- Canais Iônicos;
- Peculiaridades da Estrutura de Membrana do Axônio, Botão Sináptico e da Membrana Pós Sináptica;
- Eletrofisiologia Neural;
- Potencial de Repouso e de Ação;
- Sinapses Elétricas, Químicas e Tipos de Respostas Pós Sinápticas.

Este material está disponibilizado no diretório "Mapa Bioquímico", sob o nome "*Mapa Bioquímico da Neurotransmissão.htm*". Esse arquivo acessa todo o conteúdo do mapa teórico bioquímico.

ANEXO 2 – ROTEIRO PARA AULA DE BIOFÍSICA NO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA

1. Você poderia citar quais são as organelas celulares que estão diretamente relacionadas, desde a produção de proteínas, até a formação de um canal iônico na membrana plasmática?
2. Sabemos que são as proteínas de membrana que dão as funções específicas dessa, mas a bicamada lipídica, mesmo sem proteínas, realiza algumas funções devido suas propriedades químicas e físicas. Você poderia citar algumas dessas propriedades?
3. Quais são algumas das diferenças entre proteínas carreadoras e proteínas canais?
4. Existem diversos mecanismos pelo qual um canal iônico pode se abrir ou fechar. Há um modelo que não se encontra exemplificado no *software* em forma de animação. Que modelo é esse e como ele funciona?
5. Você acha que a membrana plasmática durante o potencial de repouso realmente se encontra em repouso? Explique a dinâmica dos íons sódio e potássio durante esse potencial.
6. Uma determinada sinapse ativa um sistema de “segundo mensageiro” na célula pós-sináptica. Cite algumas funções que o segundo mensageiro pode realizar.

ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O USO DO *SOFTWARE* NA DISCIPLINA DE BIOFÍSICA

Este questionário visa avaliar a importância do uso do *software* nas aulas de Biofísica, sendo um instrumento para coleta de dados de uma monografia de um curso de graduação da Universidade Federal de Uberlândia. Sua colaboração é de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado!

Para cada afirmação abaixo marque com "X" a opção que melhor demonstre sua opinião:

		Concordo	Sou indiferente	Discordo
01	É fácil navegar pelos conteúdos apresentados pelo <i>software</i> .			
02	O "contato visual" com a matéria de Biofísica feito pelo computador torna as aulas mais interessantes.			
03	Na aula virtual de Biofísica não se aprende quase nada.			
04	As aulas de Biofísica utilizando as animações no computador despertam a minha atenção.			
05	As animações e explicação dos textos me ajudam a compreender melhor a matéria.			
06	O visual do <i>software</i> de Biofísica não é muito bom.			
07	As aulas de Biofísica no computador tornam a matéria mais interessante.			
08	O <i>software</i> faz com que eu compreenda melhor os fenômenos físicos e químicos associados à neurotransmissão.			
09	O <i>software</i> me ajuda a ver a ligação entre os assuntos que foram estudados na sala de aula.			
10	Ver as imagens e animações do <i>software</i> facilita a minha aprendizagem.			

		Concordo	Sou indiferente	Discordo
11	É difícil encontrar o local no <i>software</i> em que está um assunto que desejo estudar.			
12	As informações disponíveis no <i>software</i> ampliam meu conhecimento sobre a Biofísica de Membrana.			
13	Saio da aula virtual de Biofísica do mesmo jeito que entrei.			
14	Os assuntos existentes no <i>software</i> não acrescentam nada importante à disciplina de Biofísica.			
15	Usar o computador para aprender o conteúdo de Biofísica é motivador.			
16	A presença do professor é importante para o entendimento da matéria apresentada no <i>software</i> de Biofísica.			
17	As aulas de Biofísica utilizando o computador são mais interessantes que na sala de aula.			
18	Não me lembro de nada do que vejo nas aulas de Biofísica usando o computador.			
19	O <i>software</i> de Biofísica não explica bem a matéria.			
20	As aulas de Biofísica utilizando as animações me fazem raciocinar melhor.			
21	As aulas de Biofísica utilizando o computador são monótonas.			
22	As ligações existentes entre os assuntos presentes no <i>software</i> não são relevantes.			
23	Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando o <i>software</i> sem o professor de Biofísica.			
24	O excesso de informação do <i>software</i> faz com que eu me perca.			
25	Não entendo quase nada da aula de Biofísica usando o computador.			
26	O <i>software</i> explica bem aquilo que eu quero saber sobre Biofísica de Membrana.			
27	Não compreendo os textos explicativos que são apresentados no <i>software</i> .			
28	Ter aulas virtuais de Biofísica é uma maneira mais fácil de aprender.			

ANEXO 4 – ROTEIRO PARA ENTREVISTA DOS ESTUDANTES

- 1) Quais as maiores dificuldades enfrentadas por você durante a aprendizagem deste conteúdo de Biofísica?
- 2) Você poderia citar alguns aspectos positivos do *software* utilizado?
- 3) E alguns aspectos negativos do *software*, você poderia citar?
- 4) Você acha que o *software* contribuiu pra você perceber a relação direta dos diversos processos celulares estudados?
- 5) Em sua opinião, as imagens, animações e textos do *software* tiveram ou não importância no entendimento das idéias expostas e como ele contribuiu pra sua aprendizagem?

ANEXO 5 – FICHA DE AVALIAÇÃO DO *SOFTWARE*

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Instituto de Biologia - Curso de Ciências Biológicas
Disciplina – Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia
Profa. Lúcia Estevinho Guido

FICHA DE AVALIAÇÃO DO *SOFTWARE* PROCESSOS BIOFÍSICOS DA NEUROTRANSMISSÃO

1. Esse questionário visa avaliar a qualidade e a importância do uso do *software* nas aulas de Biofísica, sendo um instrumento de coleta de dados de uma monografia de um curso de graduação da Universidade Federal de Uberlândia. Sua colaboração é de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado!

Assinale com um “X” no item que melhor representa seu julgamento. Use o campo *observações* para seus comentários.

ITENS DE AVALIAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO			OBSERVAÇÕES
	Sim	Parcial	Não	
A. CONTEÚDOS E ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS				
01. Abordagem conceitual e informações factualmente corretas predominam ao longo do <i>software</i> .				
02. Ausência de imprecisões conceituais, desatualizações e pequenas incorreções de informação predominam ao longo do <i>software</i> .				
03. Ausência de confusão terminológica predomina ao longo do <i>software</i> .				
04. Os textos utilizam linguagem gramatical correta.				
05. Os textos utilizam vocabulário atualizado e correto.				
06. Os textos utilizam vocabulário específico claramente explicado na disciplina de Biofísica.				
07. Os textos evitam estabelecer analogias impróprias que poderiam levar os estudantes a confusões entre o significado literal e metafórico.				
08. Os textos são claros e objetivos, estimulando a leitura e a exploração crítica dos assuntos.				

09. Os textos estabelecem a ligação entre os princípios estudados e fenômenos conhecidos pelos estudantes.				
10. Os textos apresentam informações suficientes para a compreensão dos temas.				
11. Os textos favorecem o desenvolvimento de noções sobre as características da Ciência e de sua produção.				

B. ASPECTOS PEDAGÓGICOS-METODOLÓGICOS

12. A metodologia empregada não tem como característica principal a memorização de conteúdo e termos técnicos.				
13. Textos, ilustrações e animações respeitam as diferentes etnias, gêneros e classes sociais, evitando criar estereótipos e preconceitos prejudiciais à construção da cidadania.				
14. O <i>software</i> apresenta aspectos que podem contribuir para a motivação dos estudantes.				
15. Os temas expostos no <i>software</i> apresentam algum tipo de articulação, no sentido de tirar proveito de conhecimento e/ou habilidades já adquiridas pelos estudantes.				
16. O <i>software</i> facilita aos estudantes a percepção de relações entre os assuntos abordados.				
17. Os temas do <i>software</i> sugerem diferentes análises e perspectivas para os mesmos fenômenos, de modo a desenvolver a curiosidade e o espírito crítico.				
18. Evita-se a apresentação de fragmentos de conteúdos sob a justificativa de que poderão vir a ser eventualmente importantes no futuro.				

C. ASPECTOS EDITORIAIS / VISUAIS

19. A estrutura hierarquizada (títulos, subtítulos e outros) é evidenciada por meio de recursos gráficos.				
20. A diagramação é isenta de erros.				
21. A revisão é isenta de erros graves.				

34. As ferramentas para navegação pelo <i>software</i> são adequadas.				
35. Pode-se passar de uma tela a outra com rapidez.				
36. É fácil retornar ao local prévio durante a navegação.				

37. O <i>software</i> permite que o usuário mova-se livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses.				
38. O <i>software</i> utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (botões e hiperlinks)				
39. O <i>software</i> opera de forma correta, sem interrupção de suas funções durante a navegação.				

40. Descreva os aspectos positivos do *software*.

41. Descreva os aspectos negativos do *software*.

42. Considerando que sua turma não teve a oportunidade de utilizar este *software* nas aulas de biofísica, comente como ele (*software*) podaria ou não ter ajudado na sua aprendizagem.

22. Os textos, ilustrações e animações são distribuídos na tela de forma adequada e equilibrada.				
23. Os textos mais longos são apresentados de modo não desencorajador da leitura (com recursos de descanso visual).				
24. Ilustrações e animações transmitem idéias corretas sobre conceitos e dimensões. A indicação de escalas predomina nas ilustrações e animações, sendo suficientes para a correta compreensão dos fenômenos ou organismos representados.				
25. Ilustrações e animações são claras e explicativas.				
26. Ilustrações e animações são coerentes com os textos.				
27. Ilustrações e animações são realmente necessários, não sendo supérfluos e dispensáveis ou incentivadores de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos.				
28. Ilustrações e animações são isentas de estereótipos.				
29. Ilustrações e animações são isentas de preconceitos.				
30. Ilustrações e animações possuem títulos, legendas e/ou créditos e fontes de referência que contribuam para sua compreensão.				
31. O projeto gráfico do <i>software</i> cria um ambiente agradável de aprendizagem.				

D. ASPECTOS TÉCNICOS

32. Os estudantes podem fácil e independentemente operar o <i>software</i> .				
33. O <i>software</i> usa apropriadamente capacidades computacionais relevantes (animações, hiperlinks e outras)				
34. As ferramentas para navegação pelo <i>software</i> são adequadas.				
35. Pode-se passar de uma tela a outra com rapidez.				
36. É fácil retornar ao local prévio durante a navegação.				