

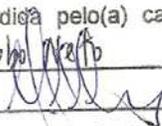
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA



Francisco Cubo Neto

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE SOFTWARE  
EDUCACIONAL ALTERNATIVO AO USO DE ANIMAIS EM  
AULAS PRÁTICAS DE FISIOLÓGIA: *FISIOPRAT*<sup>®</sup>

Dissertação apresentada  
ao Instituto de Biologia para  
obtenção do Título de Mestre  
em Biologia Funcional e  
Molecular, na área de Fisiologia.

Este exemplar corresponde à redação final  
da tese defendida pelo(a) candidato (a)  
Francisco Cubo Neto  
  
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas

Campinas, 2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE  
BIOLOGIA – UNICAMP**

	Cubo Neto, Francisco
<b>C892d</b>	Desenvolvimento e análise de software educacional alternativo ao uso de animais em aulas práticas de fisiologia: FISIOPRAT / Francisco Cubo Neto. – Campinas, SP: [s.n.], 2011.  Orientador: Miguel Arcanjo Areas. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.  1. Software educacional. 2. Fisiologia – Estudo e ensino. 3. Ensino - Metodologia. 4. FISIOPRAT. I. Areas, Miguel Arcanjo, 1952-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

**Título em inglês:** Development and analysis of alternative educational software for use of animals in physiology's lab classes: FISIOPRAT.

**Palavras-chave em inglês:** Educational software; Teaching - Methodology; Alternative way of teaching; FISIOPRAT.

**Área de concentração:** Fisiologia.

**Titulação:** Mestre em Biologia Funcional e Molecular.

**Banca examinadora:** Miguel Arcanjo Areas, Carlos Alberto Silva, Luis Antonio Violin Pereira.

**Data da defesa:** 31/01/2011.

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Funcional e Molecular.

Campinas, 31 de janeiro de 2011

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas (Orientador)



Assinatura

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva



Assinatura

Prof. Dr. Luis Antonio Violin Pereira



Assinatura

Profa. Dra. Dora Maria Grassi Kassis

Assinatura

Prof. Dr. Felix Guillermo Reyes Reyes

Assinatura

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho à Teca, que durante treze anos me acompanhou e me ensinou que todos os animais merecem respeito, independente de sua espécie, seu tamanho e sua aparência.*

## **AO MEU ORIENTADOR**

Miguel Arcanjo Areas.

Seu carinho, incentivo e amizade se expressavam a cada aula em que eu freqüentava prazerosamente. A cada pergunta, a cada brincadeira, meu respeito e admiração só aumentavam. Sou eternamente grato por você ter me acolhido, ter acreditado que este trabalho seria possível. Por esses e tantos outros motivos, me considero privilegiado por ter sido orientado por você.

## AGRADECIMENTOS

Dentre todas as etapas deste projeto, creio que esta seja a mais difícil para mim. Tentar agradecer a todas as pessoas que, desde a idéia inicial até a redação final desta dissertação, acreditaram no projeto e me apoiaram em todos os momentos. A dificuldade, entretanto, não está em agradecer somente, mas sim em tentar não ser injusto esquecendo alguém.

Agradeço aos meus pais, tios e avó, que ao longo de minha vida buscam me incentivar (cada um à sua maneira) a cada novo degrau. Algumas vezes pode parecer loucura um filho biólogo viver entre sons, desenhos e animações de computador, se entusiasmando com um novo feito obtido no meio da madrugada. Porém, o resultado está aqui, e pela compreensão de vocês, sou eternamente grato.

Agradeço aos Gurgueira, minha segunda família, por toda a paciência, carinho, amizade e incentivo. Qualquer tentativa de agradecimento é pouca perto da enorme gratidão que sinto por vocês. O carinho com o qual sempre me recebem, dispostos a conversar a qualquer momento sobre os mais diversos assuntos, é extraordinário e acaba com qualquer tentativa de stress. Andréia, os anos de parceria, amizade e carinho transformaram nossa amizade em simbiose, a qual me dá forças nos momentos ruins e me incentiva nos momentos felizes. Sem ela, certamente muitas etapas de minha vida não teriam sido superadas.

Agradeço aos meus amigos, que entre uma brincadeira e outra, acreditavam e me encorajavam a trilhar um caminho entre a biologia e a computação. A criatividade, extremamente necessária para a construção deste material, foi alimentada por todos vocês ao longo de diversos vídeos, idéias mirabolantes, fantasias, animações e apresentações para alguns eventos da faculdade.

Agradeço aos meus mestres, que durante toda a graduação e pós-graduação me presentearam com ótimas aulas, as quais inúmeras vezes me incentivaram a criar uma determinada animação para melhor ilustrar um fenômeno biológico.

Agradeço a todos os alunos que me apoiaram durante diversos debates sobre a utilização de animais no ensino de biologia. Mesmo quando nossas idéias eram contrárias, o debate enriquecia ambas as partes, possibilitando discussões muitas vezes calorosas e ricas.

Agradeço aos professores Luis Antonio Violin Pereira, Elenice Aparecida de Moraes Ferrari e Dora Maria Grassi Kassis por aceitarem o convite e comporem a banca de qualificação deste projeto. Seus comentários, críticas e sugestões extremamente pertinentes foram fundamentais para a finalização deste trabalho.

Agradeço a todos os colegas de laboratório, que entre um eletrocardiograma e outro de seus experimentos, sempre me apoiavam neste projeto.

Agradeço a todos os alunos dos cursos de Biologia, Enfermagem, Medicina e Física Médica, que aceitaram participar deste projeto, auxiliando em sua elaboração e validação. Este trabalho ficaria incompleto sem as boas sugestões e críticas pertinentes que vocês fizeram.

Agradeço ainda ao curso de Pós-Graduação em Biologia Funcional e Molecular e ao apoio financeiro da CAPES nesses anos de trabalho.

*“Um dos caracteres mais distintos das nossas raças domésticas é que notamos entre elas adaptações que não contribuem em nada para o bem-estar do animal ou da planta, mas simplesmente para proveito e capricho do homem.”*

*(Charles Darwin, em A Origem das Espécies.)*

## SUMÁRIO

1. Introdução	1
1.1 Ensino de Fisiologia	1
1.2 Experimentação animal e ética	2
1.2.1 Alternativas para o uso de animais na educação	3
1.3 Tecnologias educacionais	4
1.3.1 A tecnologia computacional na educação	4
1.3.2 O uso do computador no ensino de biologia	5
2. Objetivos	7
2.1 Objetivos Gerais	7
2.2 Objetivos Específicos	7
3. Materiais e Métodos	8
3.1 Desenvolvimento dos materiais do <i>FISIOPRAT</i>	8
3.1.1 Definição do roteiro e conteúdo teórico	8
3.1.2 Elaboração dos Esquemas	8
3.1.3 Elaboração das animações e simulações	8
3.2 Desenvolvimento do <i>FISIOPRAT</i>	8
3.3 A utilização do <i>FISIOPRAT</i> na sala de aula	9
3.3.1 Física Médica: o grupo piloto	10
3.4 Desenvolvimento e Aplicação dos métodos de avaliação	10
3.4.1 Criação do Instrumento de avaliação da percepção fechado e aberto	10
3.4.2 Criação do segundo Instrumento de Avaliação fechado e objetivo	13
3.4.3 Aplicação dos Instrumentos de Avaliação	14
3.4.4 Análise da Validade das Asserções	14
3.4.5 Análise da Confiabilidade do Instrumento de Avaliação da Percepção	15
3.4.6 Métodos Estatísticos	16
3.4.6.1 Análise estatística exploratória	16
3.4.6.2 Análise de variância univariada de notas e Teste F	16
3.4.6.3 Softwares	17
4. Resultados e Discussão	18
4.1 <i>FISIOPRAT</i>	18

4.1.1 <i>FISIOPRAT</i> : Aulas práticas de Fisiologia Animal	18
4.1.2 <i>FISIOPRAT</i> : Elaboração das telas	18
4.1.3 <i>FISIOPRAT</i> : Elaboração das Animações	22
4.1.4 <i>FISIOPRAT</i> : Elaboração das Simulações	22
4.2 Aula teórica e separação dos grupos	26
4.3 Grupo APF: a utilização do <i>FISIOPRAT</i>	27
4.4 Grupo APT: o grupo controle	29
4.5 Instrumentos de Avaliação do material	31
4.5.1 Análise de Variância (ANOVA) do Instrumento de Avaliação das diferentes metodologias	31
4.5.2 Análise de Variância (ANOVA) do Instrumento de Avaliação Cognitiva	43
4.5.3 Análise de cada subgrupo	47
4.5.3.1 Subgrupo BD	47
4.5.3.2 Subgrupo BN	49
4.5.3.3 Subgrupo MED	51
4.5.3.4 Subgrupo ENF	53
4.6 Instrumentos de avaliação	55
4.7 <i>FISIOPRAT</i> x AULA PRÁTICA TRADICIONAL	56
5. Conclusão	59
6. Referências Bibliográficas	60
APÊNDICE I – Instrumento de Avaliação da Metodologia <i>FISIOPRAT</i> (APF)	63
APÊNDICE II – Instrumento de Avaliação da Metodologia Tradicional (APT)	64
APÊNDICE III – Instrumento de Avaliação Cognitiva	65
APÊNDICE IV – Gabarito do Instrumento de Avaliação da percepção para o grupo APT e para o grupo APF	67
APÊNDICE V – Parecer do Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos	69
APÊNDICE VI – Modelo do termo de consentimento livre e esclarecido	72
ANEXO I – Histórico do Ensino de Fisiologia Animal	73

## LISTA DE SIGLAS, ABREVI AÇÕES E SÍMBOLOS

APT	Aula Prática Tradicional que utiliza animais em laboratório
APF	Aula Prática utilizando o software <i>FISIOPRAT</i>
BD	Subgrupo contendo os alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas da UNICAMP
BN	Subgrupo contendo os alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UNICAMP
CIEGIB	Centro de Informática para o Ensino de Graduação do Instituto de Biologia
CS	<i>Creative Suite</i>
ENF	Subgrupo contendo os alunos do curso de Enfermagem da UNICAMP
FCM	Faculdade de Ciências Médicas
FISIOPRAT	Software desenvolvido pelo presente projeto
F.V.	Fator de Avaliação
G.L.	Graus de liberdade
IB	Instituto de Biologia
MED	Subgrupo contendo os alunos do curso de Medicina da UNICAMP
N	Tamanho da amostra
Q.M.	Quadrado Médio
r	Coeficiente de correlação linear: pontuação na asserção e pontuação total no instrumento, por respondente
R	Coeficiente de confiabilidade do instrumento de avaliação atitudinal
S.Q.	Soma de Quadrados
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
x	Pontuação na asserção, por respondente
y	Pontuação total no instrumento, por respondente

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tela inicial do Software <i>FISIOPRAT</i>	18
Figura 2 – Tela de roteiro de aula prática do Software <i>FISIOPRAT</i>	19
Figura 3 – Tela de simulações do Software <i>FISIOPRAT</i>	20
Figura 4 – Tela de conteúdo teórico do Software <i>FISIOPRAT</i>	20
Figura 5 – Tela de Ajuda do Software <i>FISIOPRAT</i>	21
Figura 6 – Tela de Questionário do Software <i>FISIOPRAT</i>	21
Figura 7 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando a animação intitulada Estilete	22
Figura 8 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando o Raio-X do animal	23
Figura 9 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando o monitor de Tônus Muscular	23
Figura 10 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando o Movimento de Flexão das pernas da rã	24
Figura 11 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando a Destruição Medular	25
Figura 12 – Destaque para a Integridade Medular no animal	25
Figura 13 – Tela de Simulações do Software <i>FISIOPRAT</i> destacando o Reflexo Palpebral da rã	26
Figura 14 – Utilização do <i>FISIOPRAT</i> pelo grupo APF	28
Figura 15 – Alunos utilizando o <i>FISIOPRAT</i>	28
Figura 16 – Alunos do grupo APT divididos de acordo com a quantidade de animais utilizados	29
Figura 17 – Explicação do roteiro de aula prática no grupo APT	30
Figura 18 – Verificação do reflexo medular durante estímulo químico nas patas do animal	30
Figura 19 – Comparativo entre as asserções a respeito dos Aspectos Técnicos das diferentes metodologias	33
Figura 20 – Comparativo entre as asserções a respeito da Clareza dos textos presentes nas diferentes metodologias	34
Figura 21 – Comparativo entre as asserções a respeito da Clareza dos objetivos das diferentes metodologias	36
Figura 22 – Comparativo entre as asserções a respeito do estímulo de visão crítica pelas diferentes metodologias	37

Figura 23 – Comparativo entre as asserções a respeito da quantidade de informações fixadas pelas diferentes metodologias	38
Figura 24 – Comparativo entre as asserções a respeito da utilização e substituição de animais em aulas práticas	39
Figura 25 – Comparativo entre as asserções a respeito da quantidade de informações apresentadas pelas diferentes metodologias	40
Figura 26 – Comparativo entre as asserções a respeito da relação Expectativa / Realidade das diferentes metodologias	41
Figura 27 – Comparativo entre as asserções a respeito da avaliação geral das diferentes metodologias	43
Figura 28 – Porcentagem de respostas encontradas no Instrumento de Avaliação Cognitiva nos diferentes grupos	45
Figura 29 – Quantidade de respostas certas, erradas e em branco fornecidas para a questão teórica 6	46

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Numeração das respectivas asserções, por dimensão, contidas no instrumento de pesquisa de cada grupo	12
Tabela 2 – Valores da medida de correlação e respectiva interpretação	15
Tabela 3 – Análise de variância entre os grupos APT e APF em relação às notas atribuídas nos questionários	32
Tabela 4 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Dos aspectos técnicos quanto à utilização do animal na aula prática</i> ” (grupo APT) e “ <i>Compreensão e entendimento da interface (navegação)</i> ” (grupo APF)	33
Tabela 5 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Os textos apresentados são claros o suficiente para executar a prática</i> ” (grupo APT) e “ <i>Os textos do software são claros o suficiente para executar as simulações</i> ” (grupo APF)	34
Tabela 6 – Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Clareza dos objetivos da aula</i> ” (grupo APT) e “ <i>Clareza dos objetivos do software</i> ” (grupo APF)	35
Tabela 7 – Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pela aula prática</i> ” (grupo APT) e “ <i>Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pelo software</i> ” (grupo APF)	36
Tabela 8 – Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Quantidade de informações fixadas</i> ” (grupo APT) e “ <i>Quantidade de informações fixadas</i> ” (grupo APF)	37
Tabela 9 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Substituição da utilização de animais em aulas práticas por software educacional</i> ” (grupo APT) e “ <i>O software apresentado é uma boa alternativa para aulas práticas que utilizam animais</i> ” (grupo APF)	38
Tabela 10 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Quantidade de informações apresentadas</i> ” (grupo APT) e “ <i>Quantidade de informações apresentadas</i> ” (grupo APF)	39
Tabela 11 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Relação expectativa / realidade da aula prática</i> ” (grupo APT) e “ <i>Relação expectativa / realidade do software</i> ” (grupo APF)	40
Tabela 12 - Número de alunos que atribuíram notas às questões “ <i>Avaliação da aula prática como um todo</i> ” (grupo APT) e “ <i>Avaliação</i> ”	

<i>do software como um todo</i> ” (grupo APF)	42
Tabela 13 – Análise de variância entre os grupos APT e APF em relação ao Instrumento de Avaliação Cognitiva	44
Tabela 14 – Quantidade de respostas em branco, certas e erradas referentes ao Instrumento de Avaliação Cognitiva encontrada em cada subgrupo	45
Tabela 15 – Análise de variância dentro do subgrupo BD em relação ao Instrumento de Avaliação da Percepção	47
Tabela 16 – Análise de variância dentro do subgrupo BD em relação ao Instrumento de Avaliação Cognitiva	48
Tabela 17 – Análise de variância dentro do subgrupo BN em relação ao Instrumento de Avaliação da Percepção	49
Tabela 18 – Análise de variância dentro do subgrupo BN em relação ao Instrumento de Avaliação Cognitiva	50
Tabela 19 – Análise de variância dentro do subgrupo MED em relação ao Instrumento de Avaliação da Percepção	51
Tabela 20 – Análise de variância dentro do subgrupo MED em relação ao Instrumento de Avaliação Cognitiva	52
Tabela 21 – Análise de variância dentro do subgrupo ENF em relação ao Instrumento de Avaliação da Percepção	53
Tabela 22 – Análise de variância dentro do subgrupo ENF em relação ao Instrumento de Avaliação Cognitiva	54
Tabela 23 – Valores da medida de correlação e respectiva interpretação em cada asserção	55
Tabela 24 – Valores dos Coeficientes de Confiabilidade do Instrumento pela fórmula Spearman-Brown para cada asserção	56

## RESUMO

A análise histórica do ensino de Fisiologia mostra que desde o final do século XVIII, quando começou a ser estudada, a eletrofisiologia vem sendo ensinada da mesma maneira: aplicação de estímulo químico e, em algumas vezes, elétrico em diferentes partes do corpo animal e, a seguir, discussão das respostas observadas. Por outro lado, o crescente avanço tecnológico permitiu o surgimento e a inserção de novas ferramentas educacionais, como vídeo aulas, animações e simulações computacionais, sem que houvesse prejuízo na qualidade do ensino. O objetivo dessa dissertação é desenvolver um material didático alternativo ao uso de animais no ensino de Fisiologia, recriando virtualmente a aula prática referente ao estudo dos reflexos medulares em rã. O software criado, intitulado *FISIOPRAT*, foi baseado no roteiro de aula prática utilizado nos cursos de Biologia, Enfermagem e Medicina da Universidade Estadual de Campinas, de modo a apresentar o mesmo conteúdo da aula tradicional. Para a avaliação da eficácia do material criado, o *FISIOPRAT* foi testado com alunos do terceiro ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, do segundo ano do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, do segundo ano do curso de Medicina e do primeiro ano do curso de Bacharelado e Licenciatura em Enfermagem. Cada turma foi dividida aleatoriamente em dois grupos: o grupo controle aula prática tradicional (APT) realizou a aula prática utilizando o modelo animal e o grupo aula prática *FISIOPRAT* (APF) realizou a aula prática utilizando o software. Em seguida os grupos receberam o mesmo instrumento de avaliação, permitindo que as notas obtidas pelos grupos fossem comparadas. A análise estatística das respostas fornecidas pelos alunos dos dois grupos mostrou haver diferença significativa entre as metodologias aplicadas, tanto em relação às informações relativas à aula, como também em relação às notas do instrumento de avaliação cognitiva. Dentre as questões analisadas, 80% das médias obtidas pelo grupo APF foram superiores às do grupo APT, comprovando, assim, a eficácia do software. Com referência à quantidade de respostas certas e erradas obtidas no instrumento de avaliação cognitiva, o grupo APF apresentou, respectivamente, 39% e 9%, contra 37% e 14% do grupo APT. Uma vez que ambos os grupos tiveram a mesma aula teórica, essa diferença mostrou que o software testado não prejudicou o ensino do conteúdo teórico e prático. Por fim, o *FISIOPRAT* foi avaliado como método de ensino eficaz alternativo ao uso de animais para a aula prática “Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos”, reconhecendo-se, também, a relevância das especificidades da aula

prática tradicional e, conseqüentemente, sua importância para o processo ensino/aprendizagem.

## ABSTRACT

Historical analysis of the teaching of physiology shows that since the late eighteenth century, when it began to be studied, electrophysiology has been taught the same way: application of chemical stimulation, and sometimes in different electrical body parts and animal, then discuss the responses observed. Moreover, the increasing technological advances enabled the development and introduction of new educational tools such as video lectures, animations and computer simulations, without any loss in quality of education. The objective of this dissertation is to develop an alternative teaching material the use of animals in teaching physiology, virtually recreating the practical lesson concerning the study of spinal reflexes in frogs. The software created, entitled *FISIOPRAT* was based on the script used in the practice of school courses in biology, nursing and medicine at the University of Campinas, in order to display the same content as the traditional classroom. To evaluate the effectiveness of the material created, *FISIOPRAT* was tested with the third year of the bachelor's degree in Biological Sciences, the second year of a bachelor's degree in Biological Sciences, the second year of medical school and first year of bachelor's degree in Nursing. Each class was divided randomly into two groups: the control class traditional practice (APT) held classroom practice using the animal model and group practice session *FISIOPRAT* (APF) held a practice session using the software. Then both groups received the same assessment tool, allowing the marks obtained by the groups were compared. Statistical analysis of the responses provided by students from both groups showed significant difference between the methodologies applied, both in relation to information relating to class, but also with respect to the notes of the instrument of cognitive assessment. Among the issues examined, 80% of measurements obtained by the APF group were greater than the APT group, thus proving the effectiveness of the software. With reference to the amount of correct and incorrect answers obtained in the instrument of cognitive assessment, the group had APF, respectively, 39% and 9%, 37% and 14% of the APT group. Since both groups had the same lecture, this difference was that the software tested did not hinder the teaching of theoretical and practical content. Finally, the *FISIOPRAT* was evaluated as a method of teaching effective alternative to using animals for classroom practice "Evaluation of Spinal Reflex in Frogs by chemical and mechanical stimuli," recognizing also the importance of the specificities of traditional classroom practice and hence its importance to the teaching / learning process.

# 1. Introdução

## 1.1 Ensino de Fisiologia

Herophilos (330 – 250 a.C.) provavelmente foi a primeira pessoa a dissecar um humano para determinar a causa de doenças (Hepner, 1994). Segundo Tréz (2000), “Eder Papyrus, em 1500 a.C., estudou o sistema circulatório descrevendo a existência de vasos sanguíneos por todo o corpo e o coração funcionando como centro de fornecimento de sangue”. Durante a quarta geração do século do Cristianismo foi proibida a dissecação de cadáveres humanos e o uso desses corpos só poderiam ser utilizados por forenses para determinação da *causa mortis*. Segundo Hepner (1994): “filósofos do século IV a. C. como Platão e Sócrates, enfatizaram que o corpo e a alma estavam separados e então a profanação do corpo depois de sua morte poderia ser justificada. Depois que a igreja reconheceu a alma e o corpo como entidades separadas, relaxou sua política, de forma que as dissecações humanas poderiam prover novamente a base para a compreensão da anatomia.”

No século XII, Imperador Frederick II fundou a Universidade de Nápoles e Pádua, na Itália, e declarou que seus objetivos eram estudar os corpos humanos para aprender anatomia. Durante os séculos XII, XIII e XIV, a dissecação foi introduzida nas Universidades, principalmente a dissecação de corpos humanos em escolas de medicina.

Em 1534, Papa Clemente VII (1478 – 1534) autorizou o ensino de anatomia pedagógica através da dissecação humana. “Foi nessa época que Versalius publicou os 7 volumes do notório *De Fabrica*, manuscrito no qual ele corrigiu mais de 200 dos erros que Galeno (129 – 210 d. C.), médico grego do século II d.C., havia cometido no uso de animais como modelo para a anatomia humana”. (Hepner, 1994).

Francis Bacon (1561 – 1626) enfatizou a importância do uso de animais vivos na pesquisa, especialmente no campo da descoberta de novos medicamentos. No final do século XVII e início do século XVIII, uma tradição forte de experimentação animal baseada na noção que animais são incapazes de dor e sentimentos emergiram na Inglaterra e França. A influência do filósofo René Descartes (1596 – 1650), que comparou animais a máquinas, foi também determinante no estabelecimento destes procedimentos. “De acordo com esse pensamento, os gritos de animais não significam nada mais que o tique-taque de um relógio” (Pedersen, 2002).

Segundo Pedersen (2002), “Magendie (1793 – 1855) e seu aluno Claude Bernard (1813 – 1878) revolucionaram os métodos de descoberta científica estabelecendo experimentação animal *in vivo* como prática comum”.

O século XX iniciou-se com a I Guerra Mundial, fato que impulsionou avanços tecnológicos principalmente relativos à indústria bélica. Paralelamente, a ciência avançava de maneira muito rápida a ponto de, em 1940, laboratórios russos apresentarem vídeos institucionais demonstrando técnicas cirúrgicas avançadas inclusive para os dias atuais. É nesta época que surgem os pesquisadores russo Sergey S. Bryukhonenko e o inglês John B. S. Haldane no Instituto de Fisiologia e Terapia Experimental da extinta União Soviética, os quais produziram um vídeo demonstrando o experimento de ressurreição de organismos. Nele, são apresentados inicialmente um coração e um pulmão retirados do corpo e em pleno funcionamento. Dessa maneira, Bryukhonenko recapitula Vesalius dizendo que um fole é capaz de garantir a vida do indivíduo. Após comprovar que a circulação extra-corpórea é possível, Bryukhonenko aprofunda seu trabalho e mantém viva uma cabeça de cachorro separada do corpo, através de uma máquina que permite a circulação extra-corpórea, utilizando os mesmos princípios de Ludwig.

Experiências e excentricidades à parte, o vídeo se mostrou como uma ferramenta amplamente utilizada para apresentar e explicar os procedimentos. Surgiam assim as primeiras vídeo-aulas. Os avanços tecnológicos que surgiram na segunda metade do século XX permitiram a criação de ferramentas educacionais cada vez mais elaboradas, utilizando para isso softwares educacionais, animações e simulações aliados à computação gráfica e realidade virtual, tornando os materiais bem próximos à realidade.

## **1.2 Experimentação animal e ética**

Por mais de um século, os animais de laboratório vêm sendo utilizados nas pesquisas biomédicas. Estudos de anatomia, fisiologia, imunologia e virologia, dentre outros, realizados em animais de laboratório, permitiram um avanço considerável no desenvolvimento da ciência e tecnologia. Os animais também têm sido utilizados por séculos para o treinamento de estudantes, tanto através de demonstrações como através da prática realizada diretamente por eles. (Morton, 1987; Andrade et al, 2002; Jukes e Chiuia, 2003)

Ética é a ciência da moral, e tem relação com o certo e o errado; é uma atitude cultural, crítica, sobre valores e posições de relevância no momento de atuar. Desde o

fim do século passado, o homem está procurando adotar um novo tipo de comportamento e de ética perante a natureza. Embora as manifestações em defesa dos animais de laboratório e contra sua utilização em experimentos tenham crescido nos últimos anos e tomado mais espaço na mídia, essa é uma idéia muito antiga. Em 1760, o fisiologista Ferguson já demonstrava preocupação com os métodos utilizados em testes com animais. No século XIX, o neurologista inglês Marshall Hall realizou a primeira tentativa de propor um código de ética na prática da pesquisa. Nesse código, ele propôs que a dor imposta aos animais fosse diminuída, além de fazer alusão à substituição dos grandes animais por outros que fossem inferiores na escala biológica. Também fazia referência à necessidade de se evitar repetições desnecessárias para a obtenção de resultados. (Andrade et al, 2002; Felipe e Negrão, 2003).

Em 1959, Russel & Burch publicaram o livro *“Princípios da Técnica Experimental Humana”*, o qual apresentava idéias já contidas no código proposto por Hall. Neste livro foi lançado o conceito dos 3Rs: *Replacement*, *Reduction* e *Refinement*: o termo *Replacement* (alternativas) indica que sempre que possível devemos usar, no lugar de animais vivos, materiais sem sensibilidade; *Reduction* (redução) diz que o número de animais utilizados em experimentos deve ser o menor possível e *Refinement* (aprimoramento) refere-se ao refinamento das técnicas para minimizar o nível de estresse e dor causada ao animal durante a experimentação. Atualmente, há um grande movimento internacional baseado nos 3Rs para a validação e aplicação de novas técnicas, e muitos métodos científicos têm elementos dos 3Rs inerentemente incluídos em seus modos de agir. (Andrade et al, 2002; Svendsen e Hau, 1994)

### 1.2.1 Alternativas para o uso de animais na educação

Métodos alternativos são procedimentos que podem substituir o uso de animais em experimentos, reduzir o número de animais necessários ou refinar a metodologia utilizada. Hoje em dia buscamos alternativas tanto na área experimental quanto na educacional. Em termos de ensino, a experimentação animal já pode ser substituída sem causar prejuízos ao aprendizado (Andrade et AL, 2002; Jukes e Chiuiua, 2003).

É importante observar que há diferença entre o uso de alternativas como uma ferramenta de pesquisa e como um método educacional, como explicado por Svendsen e Hau (1994):

*“Por definição, pesquisa envolve o esclarecimento e a descoberta de informações que até então eram desconhecidas. Educação envolve a transferência de informações já conhecidas e comprovadas de uma fonte (o*

*professor, o livro) a um receptor (o aluno)”.*

As críticas aos meios alternativos para testes com animais têm origem na crença de que estes não são ‘reais’ e, portanto, não conseguem substituir o animal verdadeiro, sendo a dissecação uma atividade manual de aprendizagem. Este não é um argumento irrefutável, pois o fato de ser uma atividade realizada manualmente não a qualifica automaticamente como a maneira mais correta de se ensinar ou aprender (Balcombe, 2000). Michael (1993) notou que uma atividade manual só é realmente efetiva para o aprendizado se a mente dos estudantes for mantida tão ocupada quanto suas mãos.

Um crescente número de artigos científicos mostra que estudantes do ensino médio e ensino superior aprenderam tão bem utilizando alternativas, e em alguns casos até melhor, quanto aqueles em que se foi empregado métodos tradicionais com experimentação animal (Balcombe, 2000; Greif e Tréz, 2000).

O oferecimento de alternativas respeita os princípios éticos, morais ou religiosos de estudantes que se opõem ao uso de animais com essas finalidades. (Greif e Tréz, 2000). Alguns professores notaram que muitos alunos não querem dissecar animais durante as aulas (Mayer e Hinton, 1990; Balcombe, 2000). Para Balcombe (2000), a formação de professores deveria ser reavaliada, para que fossem incluídas alternativas à dissecação. Ainda segundo o autor, a experimentação com animais não deveria ser um pré-requisito para a obtenção do diploma de licenciatura.

Ainda, muitos professores e administradores de escolas justificam a não utilização de alternativas para testes com animais devido a seus custos. No entanto, a dissecação é muitas vezes mais dispendiosa, pois os métodos alternativos podem ser utilizados diversas vezes, enquanto que os animais devem ser repostos após cada experimento realizado. O uso de animais implica grandes gastos com manutenção (cuidados, alimentação, instalações) e pessoal especializado (técnicos e veterinários). (Balcombe, 2000; Greif e Tréz, 2003).

### **1.3 Tecnologias educacionais**

#### *1.3.1 A tecnologia computacional na educação*

Métodos tradicionais de ensino fazem o uso de materiais baseados em papel, como livros, cadernos e manuais. Estes foram complementados por outros métodos: slides, fitas cassetes e apresentações em vídeo. O vídeo vem se impondo como um dos principais recursos contemporâneos de ensino, treinamento, atualização profissional e

divulgação de informação. Nos últimos anos, a expansão e o aperfeiçoamento dos equipamentos e softwares voltados à produção e edição de filmes têm possibilitado a execução de vídeos para fins escolares e profissionais pelo cidadão comum, abrindo, dessa forma, vasto campo para a elaboração de vídeos por professores e alunos. A tecnologia computacional trouxe uma nova geração de métodos de ensino, baseado em softwares e na produção de materiais para ensino em diversas mídias. A chegada desta tecnologia levou a uma revolução na maneira como a informação pode ser utilizada, tanto em pesquisas como em educação. A diminuição das dimensões e dos preços, a agilidade dos serviços e o fácil manuseio colocam os computadores ao alcance de todos. A universidade, como centro de saber e cultura, precisa estar atenta às mudanças dessa nova era computacional. (Svendsen & Hau, 1994; Lollini, 2001; Netto, 2001; Andrade et.al, 2002; Petitto, 2003).

As simulações computacionais são ambientes montados na tela do computador nos quais a realidade é criada com base em vários recursos de hardware (máquina, equipamento) e software (programa) disponíveis, que possibilitam a confecção de um ambiente virtual que perfaz o que o real faria. Software é o conjunto de programas escritos em uma das linguagens de programação que ativam o computador conforme os objetos do usuário. (Petitto, 2003; Lollini, 2001)

Segundo Lollini (2001), o melhor software didático por ele examinado foi o produzido nas escolas, diretamente pelos alunos e seus professores. Ainda, de acordo com este autor, algumas escolas superiores têm condições de produzir softwares de excelente qualidade, moldados às necessidades, códigos e níveis progressivos dos estudantes.

### *1.3.2 O uso do computador no ensino de biologia*

A Biologia e os conteúdos que ela envolve, como estruturas e processos, são complexos por natureza e, portanto, difíceis de serem ensinados e aprendidos (Barak et. al, 1999; Buckley, 2000). A fim de desenvolver novas abordagens no ensino de Biologia, é necessário que os educadores disponham de várias ferramentas de ensino. (Mikropoulos et al, 2003)

A educação na área biomédica é freqüentemente baseada na execução de experimentos por parte do estudante. São muitas suas finalidades, dentre elas a observação de fenômenos fisiológicos e comportamento a partir da administração de drogas, conhecimento da anatomia interna, entre outros. Muitas das experimentações podem ser substituídas por alternativas tecnológicas como vídeos e simulações

computacionais interativas, que detalham métodos de vias de administração, cirurgia, anestesia, enfim, diversos exemplos de manejo e experimentação animal. Essas novas formas de se ensinar se encontram em distintos estágios de desenvolvimento e validação, sendo muito importante que se prossiga com os estudos para a produção de métodos, visando a substituições futuras. (Svendsen & Hau, 1994; Peat & Fernandez, 2000; Greif e Tréz, 2000; Andrade et.al, 2002; Jukes & Chiuiia, 2003)

O método de aprendizagem auxiliada por computadores traz muitos benefícios, como o envolvimento ativo por parte dos estudantes, mesmo em classes numerosas, a diminuição no tempo necessário tanto para se apresentar a informação como para o aluno compreendê-la e um aprendizado autodidata, que coloca o aluno no controle do processo de aprendizagem. Simulações interativas permitem que o estudante retorne em algum estágio do experimento, fato impossível em experimentos in vivo. Essa tecnologia não cria dependência do laboratório e de pessoal especializado para o estudo, permitindo que seja realizado até em casa (Balcombe, 2000, Greif e Tréz, 2000).

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivos Gerais

Esta dissertação de mestrado teve como objetivo principal o desenvolvimento e a avaliação de uma metodologia alternativa ao uso de animais no ensino de Fisiologia Geral através da recriação virtual da aula “Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos”.

### 2.2 Objetivos Específicos

I. Produção e utilização de animações, esquemas, textos referentes ao assunto para o desenvolvimento do software

II. Avaliação quantitativa e qualitativa do software produzido através de questionários respondidos pelos usuários, a fim de verificar sua eficácia como metodologia alternativa ao uso de animais em aulas práticas de Fisiologia

## 3 Materiais e Métodos

### 3.1 Desenvolvimento dos materiais do FISIOPRAT

#### 3.1.1 Definição do roteiro e conteúdo teórico

A definição do conteúdo teórico e do roteiro foi feita mediante consulta na literatura existente. A escolha dos textos e questões visou abranger o conteúdo apresentado na aula de Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos, abordado nos cursos de Biologia, Enfermagem e Medicina da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

#### 3.1.2 Elaboração dos Esquemas

Utilizando o autor de multimídia Adobe Flash CS2, com seus recursos e ferramentas de desenho, foram elaborados esquemas estáticos que representavam de maneira didática, determinadas estruturas e eventos, os quais sempre eram acompanhados de textos explicativos ou legendas, elaborados a partir de consulta da literatura existente.

#### 3.1.3 Elaboração das animações e simulações

A construção das animações e simulações exigiu que, a partir de uma figura inicial, fossem feitos desenhos mostrando as transformações que a figura deveria sofrer para chegar à figura final. Cada um desses desenhos constituiu um quadro-chave (*frame*) que foi confeccionado e animado pelo recurso *tweening*, do mesmo Adobe Flash CS2. As animações e simulações apresentavam um botão para retroceder e repetir o evento.

### 3.2 Desenvolvimento do FISIOPRAT

O FISIOPRAT foi desenvolvido no autor de multimídia Adobe Flash CS2, o qual permite a elaboração de animações e simulações em linguagem vetorial, resultando em arquivos compactos, facilitando sua visualização através da internet ou em mídias ópticas e magnéticas. Após a criação dos esquemas, animações e simulações, foram

desenvolvidas as telas interativas e a estrutura de navegação do software contendo o questionário. No planejamento visual foram criados e padronizados os elementos (figuras) que constituem a tela como: dimensão da tela, escolha de cores, formato e disposição de barras de ferramentas, botões de ação, ícones, tamanho e tipo de fonte utilizada, entre outros, que contribuem para o visual atraente do material. As ações de cada botão foram definidas no planejamento da interatividade, ou seja, dos níveis de interação do usuário. A programação da ação de cada botão definiu os trajetos a serem percorridos pelo usuário, de forma que este navegasse por todo o material disponível. Existem botões responsáveis pelo controle da animação (“avançar”, “parar”) e botões através dos quais o usuário navega pelas diversas telas e assuntos (“questionário”, “simulações”, “conteúdo teórico”)

### **3.3 A utilização do *FISIOPRAT* na sala de aula**

Dos cursos de Biologia, Enfermagem e Medicina, foram selecionadas, respectivamente, as disciplinas BF482 (Biofísica e Fisiologia Geral I) e BF880 (Biofísica e Fisiologia Geral), BF284 (Fisiologia e Biofísica Humana Básica), e BS110 (Morfofisiologia Humana I), pois todas elas apresentavam uma aula referente à avaliação de reflexos medulares em rã mediante estímulos químicos e mecânicos, possibilitando assim que o software fosse aplicado. O professor responsável pelo conteúdo programático da aula prática sobre reflexos medulares e o mestrando apresentaram este projeto de pesquisa e convidaram os alunos a participarem do mesmo. Após a aula teórica, os alunos foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: 50% dos alunos realizaram a aula prática tradicional utilizando a rã como animal experimental, enquanto que a outra parte foi para o CIEGIB (Centro de Informática para o Ensino de Graduação do Instituto de Biologia) da UNICAMP para a realização da aula prática utilizando o *FISIOPRAT*. Ao final das aulas, todos os alunos receberam um questionário de avaliação dividido em duas seções: avaliação da aula prática e avaliação do conteúdo teórico.

Para análises estatísticas, os alunos foram separados em dois grupos: o grupo APT compreendia todos os alunos que realizaram a aula prática tradicional, utilizando o animal; enquanto que o grupo APF continha todos os alunos que realizaram a aula prática no CIEGIB utilizando o *FISIOPRAT*. Dentro de cada um desses grupos, ainda, havia os subgrupos referentes ao curso no qual as metodologias foram testadas: o subgrupo BD, referente ao curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, o subgrupo BN, referente ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, o subgrupo

ENF, referente ao curso de Enfermagem e o subgrupo MED, referente ao curso de Medicina.

### *3.3.1 Física Médica: o grupo piloto*

Antes de ser aplicado aos alunos dos subgrupos BD, BN, ENF e MED, o *FISIOPRAT* foi testado com 15 alunos do segundo ano do curso de Física – Modalidade Física Médica na disciplina BD681 (Fundamentos de Anatomia, Histologia e Fisiologia Humana). No cronograma dessa disciplina não consta a aula prática de Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos, porém a teoria é passada aos alunos. Sendo assim, os alunos foram convidados a utilizar o *FISIOPRAT* com o propósito de avaliá-lo antes que ele fosse aplicado com os outros subgrupos.

Esse grupo piloto recebeu os mesmos questionários de avaliação, porém os mesmos não foram utilizados para fins estatísticos. Os alunos tiveram a aula teórica e, na sequência, foram ao CIEGIB e realizaram a aula prática com o *FISIOPRAT*. Após a mesma, eles receberam o questionário de avaliação da metodologia e o instrumento de avaliação cognitiva. A utilização desse grupo piloto se mostrou muito válida, pois, ao avaliar o material com alunos de um curso alheio à “Área de Ciências Biológicas e Profissões da Saúde”, foi possível identificar falhas na execução da aula, questões mal formuladas e erros no programa, os quais puderam ser corrigidos antes de sua aplicação com os subgrupos BD, BN, ENF e MED.

## **3.4 Desenvolvimento e Aplicação dos métodos de avaliação**

### *3.4.1 Criação do Instrumento de avaliação da percepção fechado e aberto*

O instrumento construído foi do tipo escala atitudinal (Likert, 1967) oferecendo um universo de respostas que abrangeu as possíveis percepções a respeito do uso do material em aula prática, podendo ser este o *FISIOPRAT* ou o animal. O questionário era sigiloso e sua elaboração compreendeu três etapas:

#### Etapa 1:

Determinação das dimensões a serem investigadas através da identificação dos aspectos considerados relevantes para avaliar a eficiência da metodologia de ensino proposta, a qual foi desenvolvida baseada em Thomas, 1992; Bruno, 1999; Carmichael

e Pawlina, 2000; Ritz, 2000; Moraes et al 2004 e Moraes, 2006. No presente trabalho foram definidas 6 dimensões a serem avaliadas:

- 1) Aspectos técnicos
- 2) Utilização de animais
- 3) Clareza do material
- 4) Quantidade de informação
- 5) Expectativa e realidade
- 6) Análise geral

#### Etapa 2:

Determinação das asserções através da realização de afirmações sobre uma dimensão pré-determinada. A afirmação pode ser positiva (por exemplo, “Os textos são claros para executar a prática”) ou negativa (por exemplo, “O software apresentado não é uma boa alternativa para aulas práticas que utilizam animais”). Para cada dimensão pré-estabelecida foram definidas duas asserções visando englobar todo o conteúdo compreendido por dimensão. O total de asserções no instrumento de avaliação da percepção foi de 10, para garantir que a resposta ao mesmo não ultrapassasse 10 minutos, uma vez que este era o tempo disponível ao final de cada aula para que o aluno respondesse.

A seguir estão descritas as asserções definidas para cada dimensão, seguidas do grupo em que as mesmas foram utilizadas: APT para o grupo com aula prática tradicional e APF para o grupo com aula prática utilizando o *FISIOPRAT*.

#### 1) Aspectos técnicos

- Aspectos técnicos quanto à utilização do animal na aula prática (APT)
- Compreensão e entendimento da interface do software (APF)

#### 2) Utilização de animais

- Sua opinião quanto à utilização do animal na aula prática (APT)
- O software apresentado é uma boa alternativa para aulas práticas que utilizam animais (APF)
- Substituição da utilização de animais em aulas práticas por software educacional (APT)

#### 3) Clareza do material

- Clareza dos objetivos da aula prática (APT)

- Clareza dos objetivos do software (APF)
- Os textos do software são claros o suficiente para executar as simulações (APF)
- Os textos apresentados são claros o suficiente para executar a prática (APT)
- Clareza dos textos de apoio didático complementares ao software (APF)

4) Quantidade de informação

- Quantidade de informações apresentadas (APT)
- Quantidade de informações apresentadas (APF)
- Quantidade de informações fixadas (APT)
- Quantidade de informações fixadas (APF)

5) Expectativa e realidade

- Relação expectativa / realidade da aula prática (APT)
- Relação expectativa / realidade do software (APF)
- Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pela aula prática (APT)
- Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pelo software (APF)

6) Análise geral

- Avaliação da aula prática como um todo (APT)
- Avaliação do software como um todo (APF)

As 10 asserções, contemplando as dimensões definidas, foram ordenadas de forma aleatória. Na Tabela 1 a seguir encontram-se listados, por dimensão, os números atribuídos para cada asserção contida no instrumento de pesquisa:

TABELA 1 – NUMERAÇÃO DAS RESPECTIVAS ASSERÇÕES, POR DIMENSÃO, CONTIDAS NO INSTRUMENTO DE PESQUISA DE CADA GRUPO

DIMENSÕES	ASSERÇÕES	
	APT	APF
1) Aspectos técnicos	1	1
2) Utilização de animais	2, 9	5
3) Clareza	3, 4	3, 2, 8
4) Quantidade de informação	6, 7	6, 7
5) Expectativa e realidade	5, 8	4, 9
6) Análise geral	10	10

Para estas asserções apresentaram-se cinco alternativas de resposta, cujos termos eram específicos para cada pergunta (“Difícil”, “Fácil”; “Não”, “Sim”, “Insatisfatória”, “Satisfatória”; “Baixa”, “Alta”; “Pouca”, “Muita”; “Péssimo”; “Excelente”; “Ruim”, “Boa”), devendo ser escolhida apenas uma. Para cada um desses termos, era oferecida uma escala de 1 a 5, na qual “1” correspondia à resposta mais baixa (ou negativa) e “5” à mais alta (ou positiva).

#### Etapa 3:

Desenvolvimento do instrumento de avaliação da percepção propriamente dito (Apêndices I e II): meio impresso utilizado para a coleta dos dados, constituído de:

- corpo com as várias asserções envolvendo as dimensões pesquisadas distribuídas aleatoriamente (parte fechada desse instrumento de avaliação);
- um espaço livre para comentários sobre as respostas e o instrumento de avaliação (parte aberta desse instrumento de avaliação);

#### *3.4.2 Criação do segundo Instrumento de Avaliação fechado e objetivo*

O segundo instrumento construído foi do tipo testes de múltipla escolha, oferecendo um universo de respostas que abrangeu o conteúdo abordado nas aulas teórica e prática (Apêndice III).

Os alunos receberam as explicações necessárias oralmente pelo professor responsável e pelo mestrando. Os alunos poderiam usar o tempo que fosse necessário e era solicitado que eles respondessem a todas as questões.

Como o objetivo deste segundo instrumento era avaliar a quantidade de informações retidas pelo aluno após as aulas, o mesmo questionário foi aplicado aos dois grupos (APT e APF) e o total de questões certas e erradas foi comparada posteriormente.

O questionário era composto de seis questões, cada uma com cinco alternativas das quais apenas uma era a correta. Durante o tempo de aplicação, era permitido ao aluno perguntar e tirar dúvidas a respeito da questão com os professores e monitores presentes na aula. Assim, reduziu-se a chance do aluno responder ao questionário sem que tenha entendido o que estava sendo questionado.

### 3.4.3 Aplicação dos Instrumentos de Avaliação

Os alunos matriculados no primeiro ano do curso de Enfermagem (turma 2009) e de Medicina (turma 2010), no segundo ano do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (turma 2008), no terceiro ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (turma 2007), todos da UNICAMP foram convidados a responder os instrumentos de avaliação. Estes foram distribuídos aos alunos ao final da aula prática, a qual acontecia logo após a aula teórica do mesmo assunto.

### 3.4.4 Análise da Validade das Asserções

Este procedimento visou assegurar dispersão mínima de respostas entre os respondentes, em relação à escala atitudinal proposta e que existe consistência entre pontuação baixa na asserção e pontuação total baixa no instrumento e vice-versa. Desta maneira, evita-se a inserção de asserções consideradas óbvias e que nada contribuem para a real avaliação e discussão da metodologia.

Associa-se à escala atitudinal de concordância plena à discordância plena, com termos intermediários, inclinado a concordar e inclinado a discordar, uma escala numérica de intervalo constante, que, neste caso será de 1, 2, 3, 4 e 5 ao resultado esperado no projeto, visando possibilitar a aplicação de estatística paramétrica, cálculo das médias e coeficiente de correção linear ( $r$ ) (Bruno, 1999).

O Apêndice IV consiste no gabarito do instrumento de avaliação da percepção, onde é possível observar os valores atribuídos a cada asserção. Por exemplo, as asserções 10 para ambos os grupos (APT e APF) recebeu uma escala numérica de 1 (“Avaliação Péssima”) a 5 (“Avaliação Ótima”). Dessa maneira é possível comparar ambas as metodologias aplicadas atribuindo-se as mesmas notas para tais.

O valor do coeficiente de correlação ( $r$ ) para cada asserção foi obtido através da fórmula 1, a seguir:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{N}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}\right]\left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}\right]}}$$

Onde: x = pontuação na asserção, por respondente

y = total de pontos no instrumento, por respondente

N = número de respondentes (tamanho da amostra)

É importante ressaltar que o valor de corte recomendado por Likert (1967) para o cálculo da correlação linear envolvendo a pontuação na asserção e o total de pontos no instrumento, por respondente, é de  $r \geq 0,30$ . Baseando -se na Tabela 2, conclui-se que serão aceitas correlações positivas no intervalo de baixa à perfeita correlação, tendo em vista que a medição de percepções não necessita de rigor estatístico de se ter perfeita correlação entre as variáveis envolvidas.

TABELA 2 - VALORES DA MEDIDA DE CORRELAÇÃO E RESPECTIVA INTERPRETAÇÃO

<b>r</b>	<b>Correlação</b>
0,10	Desprezível
0,15	Baixa
0,20	
0,30	
0,40	
0,50	Moderada
0,60	
0,70	
0,80	Alta
0,85	
0,90	
0,95	
0,98	
1,00	Perfeita

Modificado de Schmidt (1975), pg. 144

#### *3.4.5 Análise da Confiabilidade do Instrumento de Avaliação da percepção*

A forma mais direta para se verificar a confiabilidade de um instrumento de avaliação é aplicá-lo a um grupo de pessoas e reaplicá-lo após um período de tempo ao mesmo grupo. O coeficiente de correlação (r) envolvendo o total de pontos por respondente entre a primeira e a segunda aplicação é conhecido como coeficiente de

confiabilidade e o procedimento utilizado chama-se teste - reteste (Schimidt, 1975). Neste trabalho o método utilizado foi o chamado *split-half*, ou divisão ao meio, conforme descrito por Ritz (2000), que implica em administrar o instrumento ao grupo uma única vez e computar, para cada respondente, a soma dos pontos das asserções ímpares (x) e, separadamente, a soma dos pontos das asserções pares (y), procedendo-se, a seguir, ao cálculo do coeficiente de correlação linear entre os valores mencionados envolvendo todas as pessoas do grupo pesquisado (Fórmula 1).

No caso do método *split-half* a correlação entre os escores das metades deve ser corrigida por meio da fórmula de Spearman-Brown (Schimidt, 1975). Essa correlação torna-se necessária tendo em vista que a correlação se baseia somente em metade das asserções e o número de asserções afeta o resultado obtido na correlação (Rulon, 1939). Na sequência calcula-se então o coeficiente de confiabilidade do instrumento através da fórmula corrigida de Spearman-Brown (Fórmula 2), objetivando-se verificar com esse teste se, ao participar deste processo num outro momento, a pessoa receberia a mesma pontuação. O valor de R recomendado por Likert (1967) deveria ser maior ou igual a 0,80 para ser considerado satisfatório, porém esse valor foi modificado para  $R \geq 0,70$

Fórmula 2, corrigida de Spearman-Brown (Ritz, 2000):

$$R = \frac{2r_{xy}}{1+r_{xy}}$$

### 3.4.6 Métodos Estatísticos

#### 3.4.6.1 Análise estatística exploratória

Para a análise estatística exploratória foram calculadas medidas descritivas como média, desvio padrão e valores mínimo e máximo obtidos em cada asserção. Todas essas técnicas estão descritas em detalhes em literatura básica de estatística, como Moore (2000).

#### 3.4.6.2 Análise de variância univariada de notas e Teste F

Para a análise das metodologias utilizou-se técnicas de análise de variância para as notas atribuídas em cada asserção, onde assumiu-se que a hipótese nula  $H_0$  é a de que as metodologias são iguais e não interferem nas avaliações, e a hipótese

alternativa  $H_1$  é a de que as metodologias testadas são diferentes e interferem nas avaliações. O nível de significância adotado foi de 0,05.

O teste  $F$  é um teste de hipóteses utilizado para verificar se as variâncias de duas populações com distribuição normal são diferentes, ou para verificar qual das duas populações com distribuição normal tem maior variabilidade (Howell, 2002).

#### 3.4.6.3 Softwares

Todas as análises exploratórias e análises de variância para as notas foram realizadas utilizando programas disponíveis e/ou desenvolvidos no software livre R, versão 2.11.0 (The R Development Core Team, 2010), o qual permitiu agrupar todas as respostas e comparar as médias fornecidas pelos alunos em cada asserção. Dessa maneira, seria possível avaliar a utilização do *FISIOPRAT* caso as notas obtidas pelo grupo APF fossem iguais ou superiores às do grupo APT.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 FISIOPRAT

#### 4.1.1 FISIOPRAT: Aulas práticas de Fisiologia Animal

O material desenvolvido neste projeto foi elaborado para servir como alternativa ao uso de animais em aulas práticas de Fisiologia Animal e Biofísica. Sendo assim, o título deveria fazer referência ao seu objetivo, aliado a um logo que seguisse a mesma idéia. Criou-se então o *FISIOPRAT*, com a tela inicial representada pela Figura 1, tendo como logotipo a silhueta de uma rã.

FIGURA 1 - TELA INICIAL DO SOFTWARE *FISIOPRAT*



#### 4.1.2 FISIOPRAT: Elaboração das telas

No total foram elaboradas cinco telas, uma para cada seção do *FISIOPRAT*:

- Tela 1: Roteiro da aula prática (Figura 2): esta tela apresenta ao aluno o mesmo roteiro entregue durante a aula prática tradicional. Nele é feita uma breve

introdução sobre o assunto a ser tratado, além de explicar os objetivos da aula e sugerir a bibliografia necessária.

- Tela 2: Simulações (Figura 3): esta tela corresponde à bancada virtual da aula. É através desta tela que o aluno manipulará o animal virtual. Aqui são apresentadas ao aluno seis opções de interação: a) Raio-X, b) Tônus muscular, c) Estilete, d) Ác. Acético; e) Destruição medular e f) Pálpebras.

- Tela 3: Conteúdo teórico (Figura 4): esta tela compreende o conteúdo teórico do *FISIOPRAT*. Ao selecionar esta opção, o aluno tem a opção de escolher entre seis tópicos (“Sistema Motor”, “Neurônios Motores”, “Região Medular Espinhal”, “Funções Motoras da Medula Espinhal”, “Reflexos Posturais e Locomoção” e “Reflexos Posturais e Locomoção”), cada um proveniente de uma referência bibliográfica sugerida.

- Tela 4: Ajuda (Figura 5): nesta tela o aluno encontra uma breve explicação sobre cada um dos botões presentes no *FISIOPRAT*.

- Tela 5: Questionário (Figura 6): esta última tela apresenta ao aluno algumas questões sobre o conteúdo da aula.

FIGURA 2 –TELA DE ROTEIRO DE AULA PRÁTICA DO SOFTWARE *FISIOPRAT*.

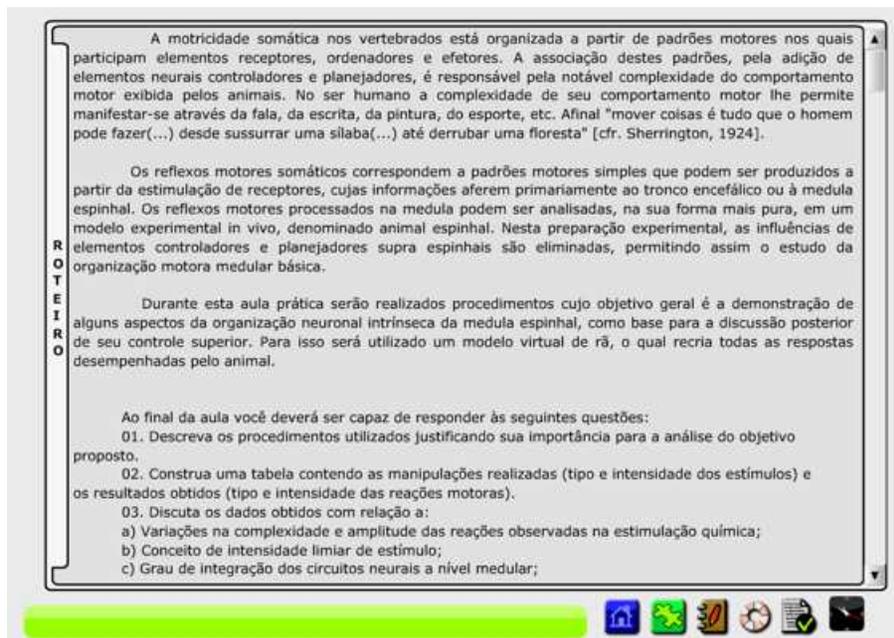


FIGURA 3 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT*.

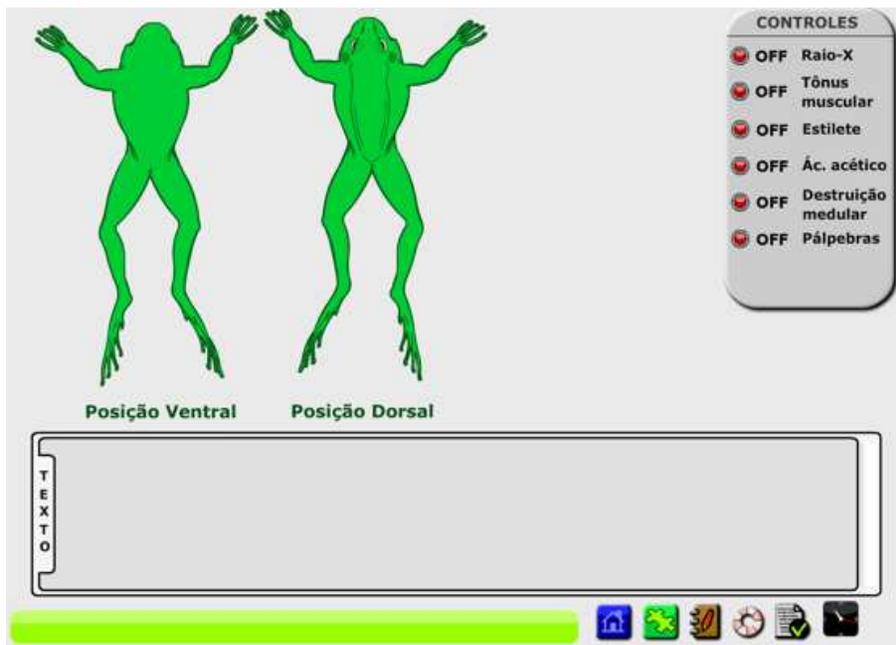


FIGURA 4 - TELA DE CONTEÚDO TEÓRICO DO SOFTWARE *FISIOPRAT*.

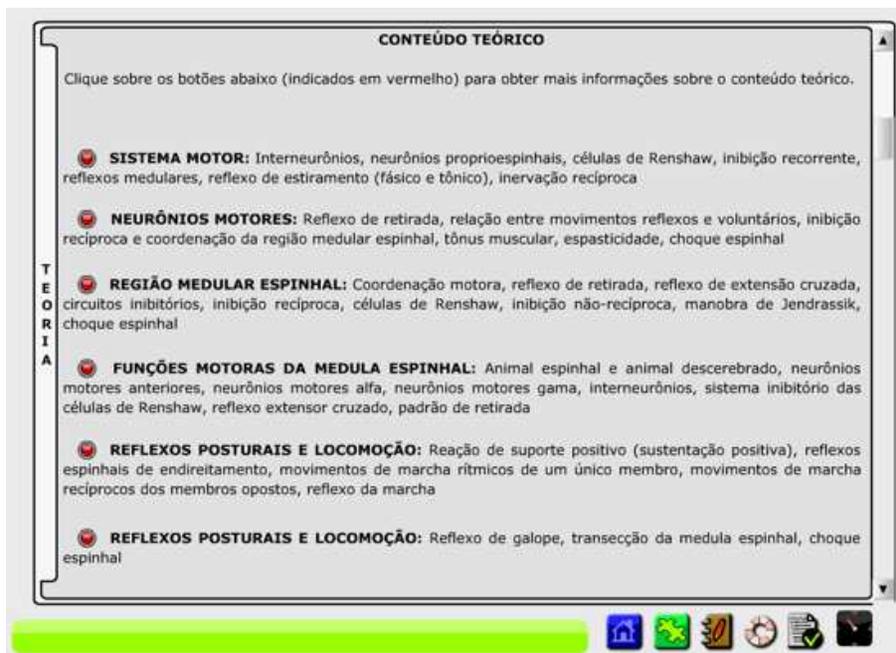


FIGURA 5 - TELA DE AJUDA DO SOFTWARE *FISIOPRAT*.

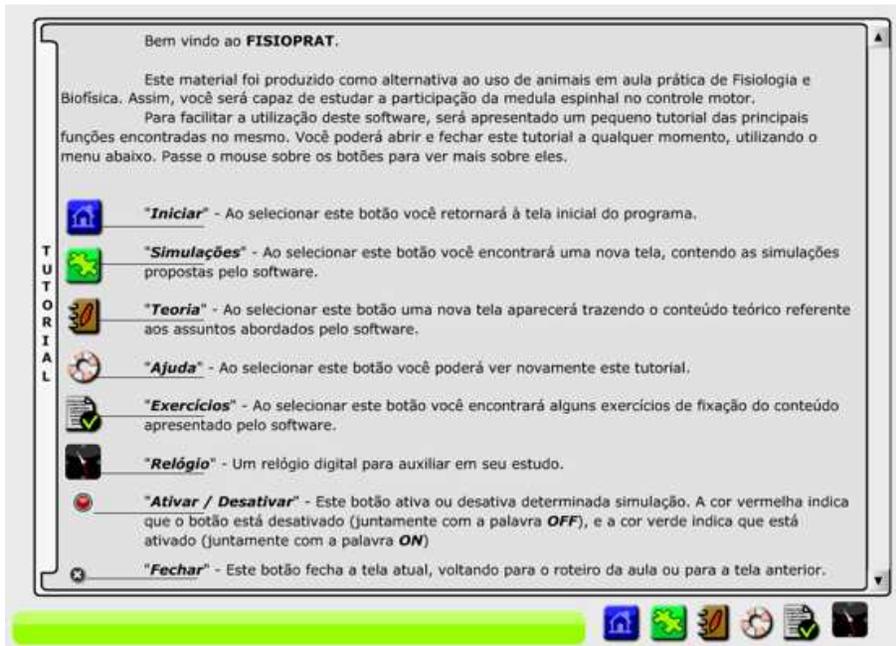
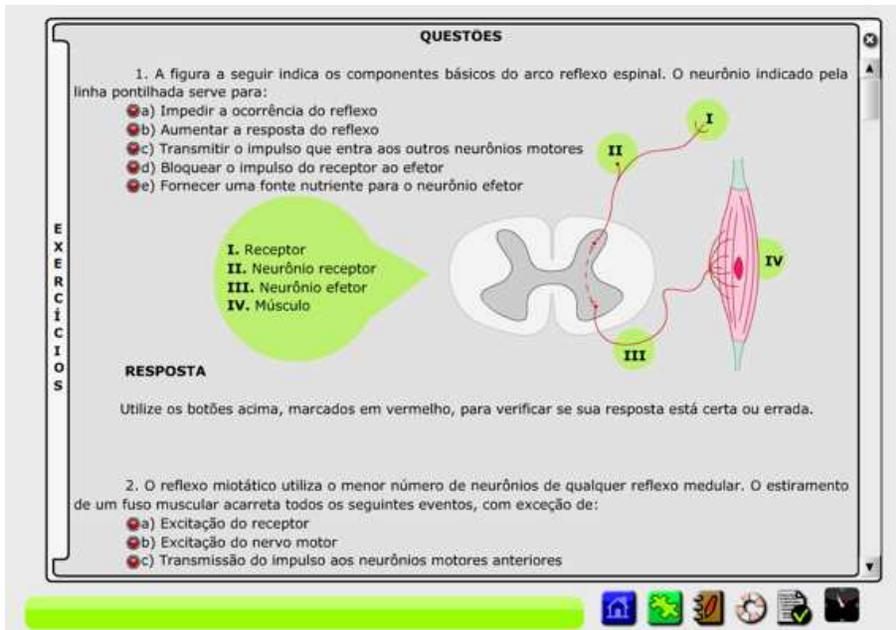


FIGURA 6 - TELA DE QUESTIONÁRIO DO SOFTWARE *FISIOPRAT*.



#### 4.1.3 FISIOPRAT: Elaboração das Animações

Dentre as seis opções disponíveis ao aluno quando este seleciona o botão “Simulações” no menu, uma delas corresponde à uma animação. Ao clicar sobre “Estilete” uma nova tela (Figura 7) é apresentada ao aluno, destacando o procedimento a ser realizado durante a aula. Nesta nova tela, o aluno pode pausar a animação, retroceder ou avançar a qualquer instante. Para isso, basta utilizar os botões contidos no próprio monitor. Concomitantemente à animação é apresentado um texto explicativo sobre a mesma.

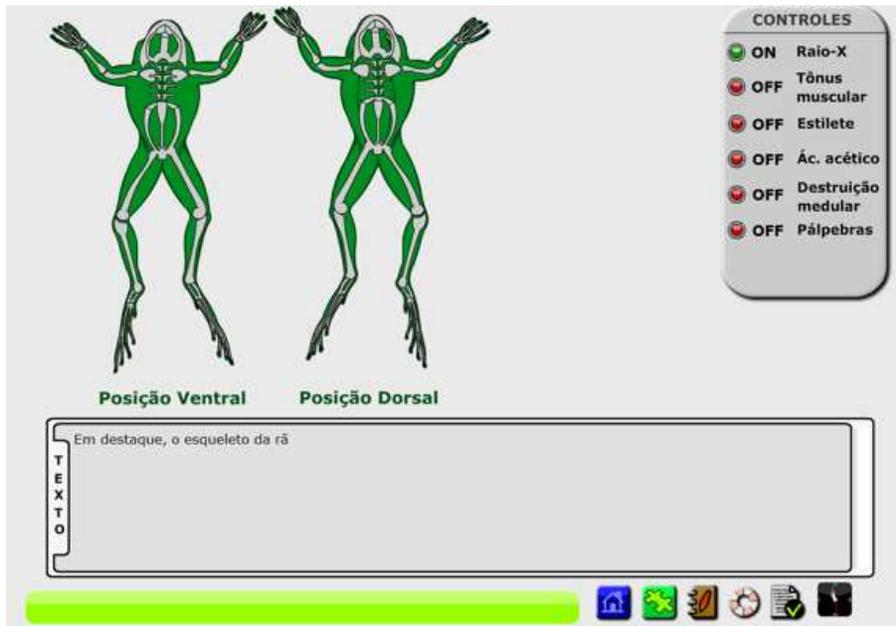
FIGURA 7 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT* DESTACANDO A ANIMAÇÃO INTITULADA ESTILETE.



#### 4.1.4 FISIOPRAT: Elaboração das Simulações

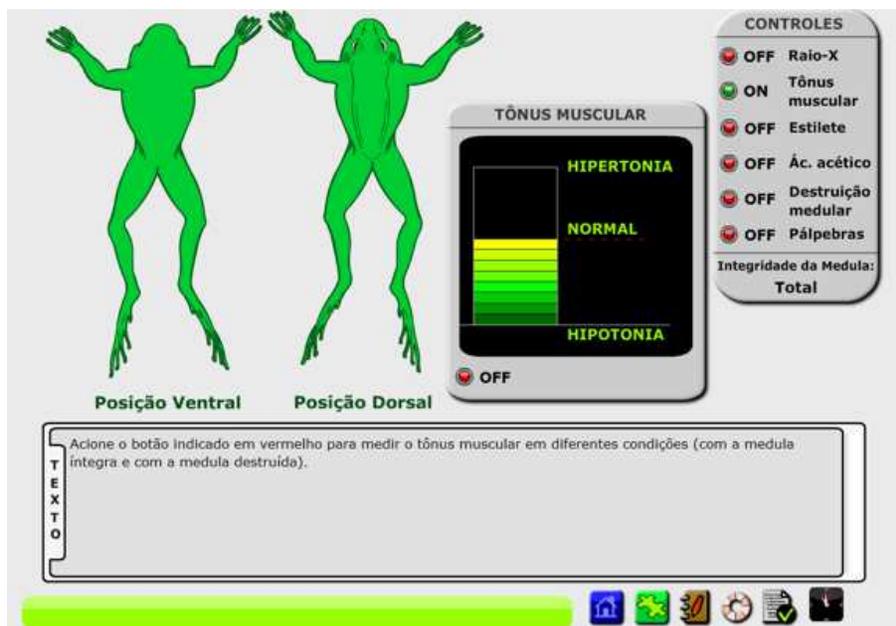
As simulações presentes no *FISIOPRAT* acompanham o conteúdo e são propostas na mesma seqüência da aula prática tradicional. Dentro do tópico “Simulações”, o primeiro botão proposto ao aluno é o de Raio-X. Ao selecioná-lo, o aluno encontra um esquema do esqueleto do animal e um texto explicando o que está sendo apresentado (Figura 8).

FIGURA 8 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT* DESTACANDO O RAIO-X DO ANIMAL.



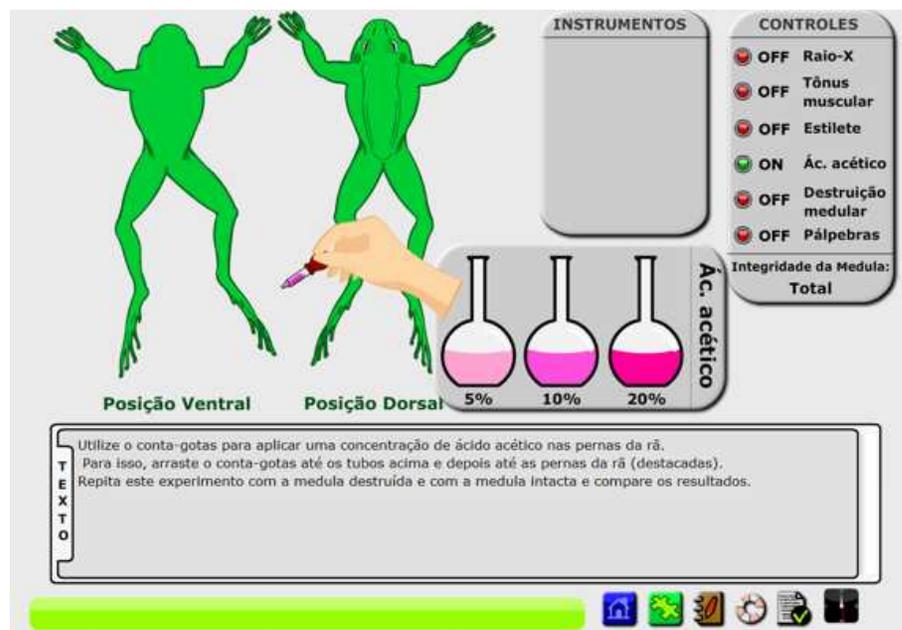
O segundo item, intitulado “Tônus muscular”, apresenta ao aluno um monitor através do qual será possível medir o tônus muscular do animal virtual a partir da ativação do botão indicado no próprio monitor (Figura 9).

FIGURA 9 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT* DESTACANDO O MONITOR DE TÔNUS MUSCULAR.



O quarto botão intitulado “Ác. Acético” corresponde à simulação de reflexo medular. Ao selecionar essa opção, o *FISIOPRAT* apresenta ao aluno uma tela com três frascos de ácido acético em três diferentes concentrações (5%, 10% e 20%) com coloração meramente ilustrativa (Figura 10). O texto de apoio sugere ao aluno que ele mova o conta-gotas virtual até cada uma das concentrações e, posteriormente, pingue uma gota nas pernas do animal em posição ventral. Ao fazer isso, o aluno encontra uma resposta específica de acordo com a concentração de ácido acético utilizada, aumentando a amplitude do movimento de flexão das pernas. Durante a aula, o aluno é questionado sobre o motivo das respostas serem diferentes entre si e por que, ao utilizar a concentração de 20%, o animal apresenta o movimento de flexão cruzada das pernas.

FIGURA 10 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT* DESTACANDO O MOVIMENTO DE FLEXÃO DAS PERNAS DA RÃ.



O quinto item apresentado ao aluno é de “Destruição medular”. Ao clicar sobre este, o aluno encontra um novo monitor esquematizando a medula do animal. É sugerido, através do texto de apoio, que o aluno arraste o estilete virtual (o qual é apresentado ao aluno no momento em que esse novo monitor surge) até a medula do animal, segurando-o para destruir completamente a medula. À medida que o aluno arrasta o estilete pela medula, uma barra de nível de destruição medular é preenchida.

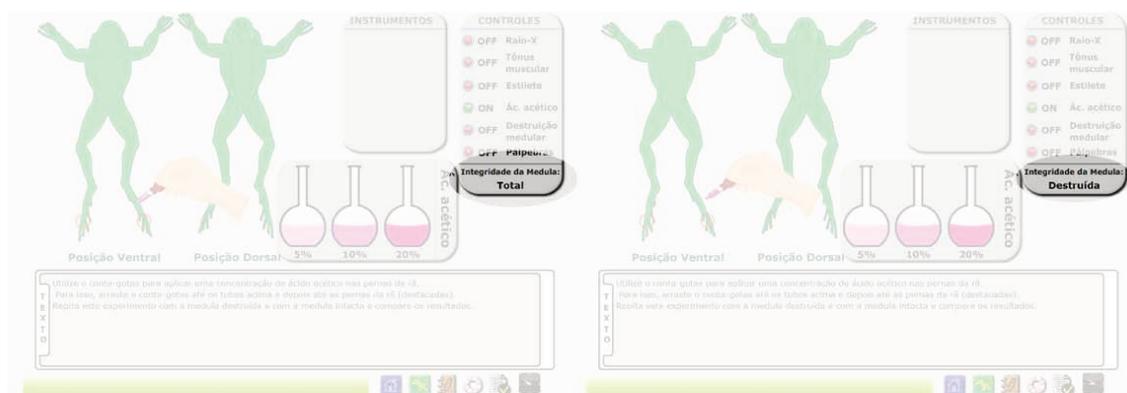
Durante a aula, é sugerido que o aluno destrua a medula até que essa barra seja preenchida completamente e seja atingido o nível “elevado” de destruição (Figura 11).

FIGURA 11 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE FISIOPRAT DESTACANDO A DESTRUÇÃO MEDULAR.



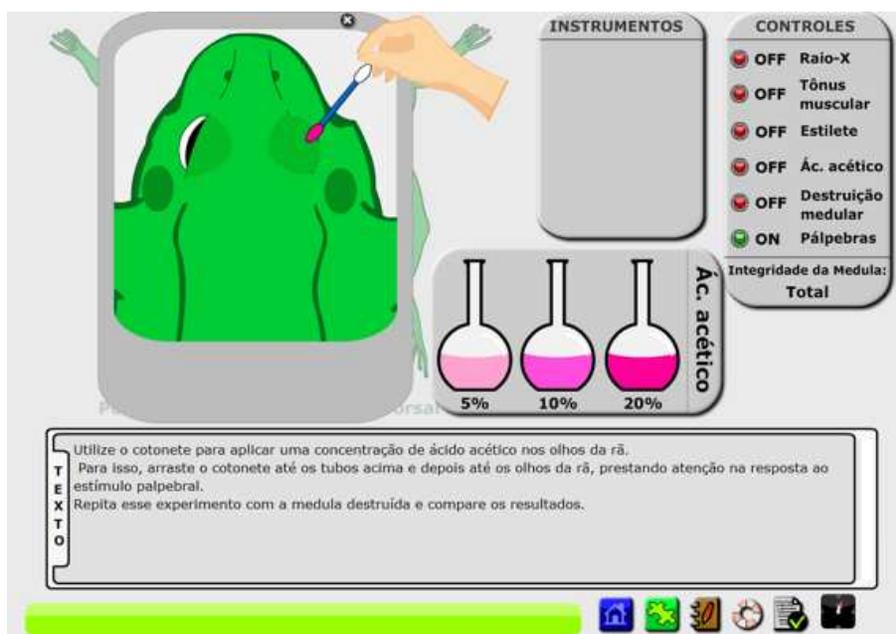
Até o aluno realizar essa simulação, o animal virtual está com sua medula íntegra. Essa informação fica sempre disponível ao aluno, logo abaixo do menu (Figura 12). Após realizar a simulação de destruição medular, alguns dos procedimentos citados (Tônus muscular, Ác. Acético e Pálpebras) são repetidos para que o aluno compare as respostas dos mesmos reflexos em diferentes situações de integridade medular.

FIGURA 12 - DESTAQUE PARA A INTEGRIDADE MEDULAR NO ANIMAL.



O sexto botão intitulado “Pálpebras” corresponde à simulação de reflexo palpebral. Ao selecionar essa opção, é apresentado ao aluno um novo monitor destacando a face do animal. O texto de apoio sugere que o aluno mergulhe a ponta do bastão (o qual aparece assim que o aluno seleciona esse botão) nas três concentrações de ácido acético (5%, 10% e 20%) e, posteriormente, leve o bastão aos olhos do animal e verifique a resposta apresentada (Figura 13). Durante a aula são levantadas questões a respeito do mecanismo de reflexo palpebral apresentado pelos animais e qual sua importância para procedimentos anestésicos.

FIGURA 13 - TELA DE SIMULAÇÕES DO SOFTWARE *FISIOPRAT* DESTACANDO O REFLEXO PALPEBRAL DA RÃ.



#### 4.2 Aula teórica e separação dos grupos

Entre o período de junho de 2009 a junho de 2010 foram oferecidas as disciplinas BF482, BF880, BF284 e BS110, respectivamente, ao segundo ano do curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas, ao quarto ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, ao primeiro ano do curso de Bacharelado e Licenciatura em Enfermagem e do curso de Medicina. Todas essas disciplinas apresentavam uma aula referente aos reflexos medulares e sistema motor, composta por uma parte teórica e outra prática, na qual era testada a resposta de uma rã a

diferentes estímulos e em diferentes situações (com a medula íntegra e, na seqüência, com a medula destruída).

Uma vez que o conteúdo teórico das aulas era o mesmo (padronizando a quantidade de informações oferecidas) e no programa da disciplina constavam as mesmas aulas práticas, seria possível comparar a eficácia de uma metodologia de ensino dividindo os alunos em um grupo controle (no qual seria utilizada uma metodologia de eficácia já comprovada) e em um grupo utilizando essa nova metodologia. Ambos os grupos receberiam o mesmo instrumento de avaliação da percepção, permitindo assim que as notas fornecidas fossem comparadas e, caso a nova metodologia obtivesse nota igual ou superior à do grupo controle, sua eficácia estaria comprovada por ela não apresentar prejuízo ao ensino do conteúdo em questão.

Baseado nisso os alunos foram divididos no grupo controle APT (o qual realizaria a aula prática tradicional com animal) e no grupo APF (o qual utilizaria o *FISIOPRAT*). O grupo APT realizou a aula prática no Laboratório de Aulas Práticas do Depto. de Anatomia, Biologia Celular e Fisiologia e Biofísica, enquanto que o grupo APF realizou no CIEGIB. Em ambos os grupos, a aula se desenvolveu na presença do professor responsável pela disciplina e do mestrando, como indicado pelas Figuras 14 e 16.

Ao término da aula teórica, os alunos foram informados dos objetivos deste projeto e foram convidados a participarem do mesmo através da avaliação de um questionário. Foi esclarecido que caso o aluno se recusasse a participar, ele não teria prejuízo algum na nota, pois os questionários eram anônimos e seriam utilizados apenas para fins estatísticos durante o projeto. De um total de 240 alunos, 127 aceitaram o convite de participar e avaliar o uso do *FISIOPRAT* como metodologia alternativa ao uso de animais em aulas práticas de Fisiologia e Biofísica. Os alunos foram avisados também que, caso desejassem, poderiam assistir a mesma aula no outro grupo, porém não poderiam avaliar novamente a metodologia (padronizando assim, o ineditismo que ambos os grupos apresentavam).

#### **4.3 Grupo APF: a utilização do FISIOPRAT**

Ao chegarem ao CIEGIB, os alunos foram orientados a utilizar o *FISIOPRAT* sozinhos ou, no máximo, em dupla (Figura 15). O professor leu com os alunos o roteiro da aula prática, explicando os procedimentos que seriam realizados através do computador e quais os reflexos deveriam ser encontrados no animal virtual.

Durante a aula, o professor retomava alguns conceitos sobre reflexos medulares explicados na aula teórica e relacionava-os com o que os alunos estavam observando na tela do computador. Os alunos eram instruídos a avançarem no *FISIOPRAT* de acordo com a explicação do professor, que culminava na simulação da destruição da medula óssea. Feito isso, o professor pedia aos alunos que retornassem à primeira animação e questionava sobre o motivo dos reflexos medulares serem diferentes dos iniciais. À medida em que os alunos iam respondendo, o professor avançava ao tópico seguinte.

Ao final da aula, cada aluno recebeu o instrumento de avaliação da percepção e de avaliação cognitiva, os quais seriam utilizados para a comparação com o grupo controle.

FIGURA 14 - UTILIZAÇÃO DO *FISIOPRAT* PELO GRUPO APF



FIGURA 15 - ALUNOS UTILIZANDO O *FISIOPRAT*



#### 4.4 Grupo APT: o grupo controle

A aula prática tradicional referente à aula de reflexos medulares e utilizada aqui como metodologia controle é comum aos cursos de Fisiologia e Biofísica e utiliza, em geral, um ou dois animais por turma de 20 alunos (Figura 16). Durante a aula, os alunos se dividem em grupos de acordo com a quantidade de animais utilizados, auxiliados pelo professor responsável pela disciplina e pela técnica de laboratório do departamento de Anatomia, Biologia Celular, Fisiologia e Biofísica.

FIGURA 16 - ALUNOS DO GRUPO APT DISTRIBUIDOS DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE ANIMAIS UTILIZADOS



Inicialmente, o professor leu com os alunos o roteiro da aula prática, explicando os procedimentos que seriam realizados e quais os reflexos que deveriam ser encontrados, retomando os conceitos da aula teórica (Figura 17). Na seqüência, o professor demonstrou no animal os reflexos medulares no estímulo palpebral e orientou os alunos que repetissem o experimento e, posteriormente, pendurassem o animal na haste metálica pela região anterior e estimulassem quimicamente suas patas (Figura 18).

FIGURA 17 - EXPLICAÇÃO DO ROTEIRO DE AULA PRÁTICA NO GRUPO APT



FIGURA 18 - VERIFICAÇÃO DO REFLEXO MEDULAR DURANTE ESTÍMULO QUÍMICO NAS PATAS DO ANIMAL



Após esses experimentos, os alunos eram instruídos a retirarem o animal da haste e destruírem a medula espinhal do mesmo, para repetição dos procedimentos anteriores. Ao longo da aula, o professor questionava os alunos sobre as novas respostas apresentadas pelo animal, retomando e reforçando conceitos previamente estudados.

Ao final da aula, cada aluno recebeu os instrumentos de avaliação cognitiva e da percepção, os quais seriam utilizados para a comparação com o grupo APF.

## 4.5 Instrumentos de avaliação do material

Foram criados dois questionários de avaliação, sendo um de avaliação das diferentes metodologias das aulas práticas (utilizando animal e utilizando o *FISIOPRAT*) e um de avaliação do conteúdo teórico, conforme descrito no item 3.4.4.

### *4.5.1 Análise de Variância (ANOVA) do Instrumento de Avaliação da Percepção das diferentes metodologias*

A análise de variância parte da suposição que as variáveis dependentes (notas de cada questão) seriam iguais, ou seja, as metodologias não influenciariam na avaliação. Entretanto, sabe-se (Moore, 2000) que a análise de variância é, relativamente, robusta quando a distribuição não é fortemente assimétrica. Assim, a análise de variância poderia ser aplicada nos dados em questão.

A análise de variância (Tabela 3) mostra que a hipótese é rejeitada por haver regressão, isto é, o modelo é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 18 graus de liberdade, é aproximadamente 4,41. Uma vez que  $F = 9,3662 > F_{\text{crítico}} \approx 4,41$ , ou uma vez que o valor  $p = 0,007 < 0,05$ , rejeita-se  $H_0$  e conclui-se que as metodologias são diferentes e, assim, devem apresentar variação em relação às notas de avaliação.

O questionário utilizado para a avaliação das metodologias apresentava o mesmo conteúdo, porém as asserções eram direcionadas à metodologia em questão. Dessa maneira foi possível comparar as médias obtidas pelos dois grupos (APT e APF) em cada asserção, sendo que as maiores médias corresponderiam às melhores notas e, conseqüentemente, a uma melhor avaliação. Os questionários são apresentados nos apêndices I, II e III, e sua análise mostra que houve diferença entre os dois grupos avaliados em relação às médias atribuídas em cada asserção pelos alunos, conforme a Tabela 3.

TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS GRUPOS APT E APF EM RELAÇÃO ÀS NOTAS ATRIBUÍDAS NOS QUESTIONÁRIOS

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre os grupos (APT x APF)	1	5544,45	5544,450	9,366	4,41	0,007
Diferença dentro dos subgrupos (BD x BN x ENF x MED)	18	10655,30	591,961			
Total	19	16199,75				

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Torna-se assim confiável que há diferença significativa entre uma ou mais turmas avaliadas, fato que era esperado, uma vez que há distinção entre os alunos em relação ao curso pretendido.

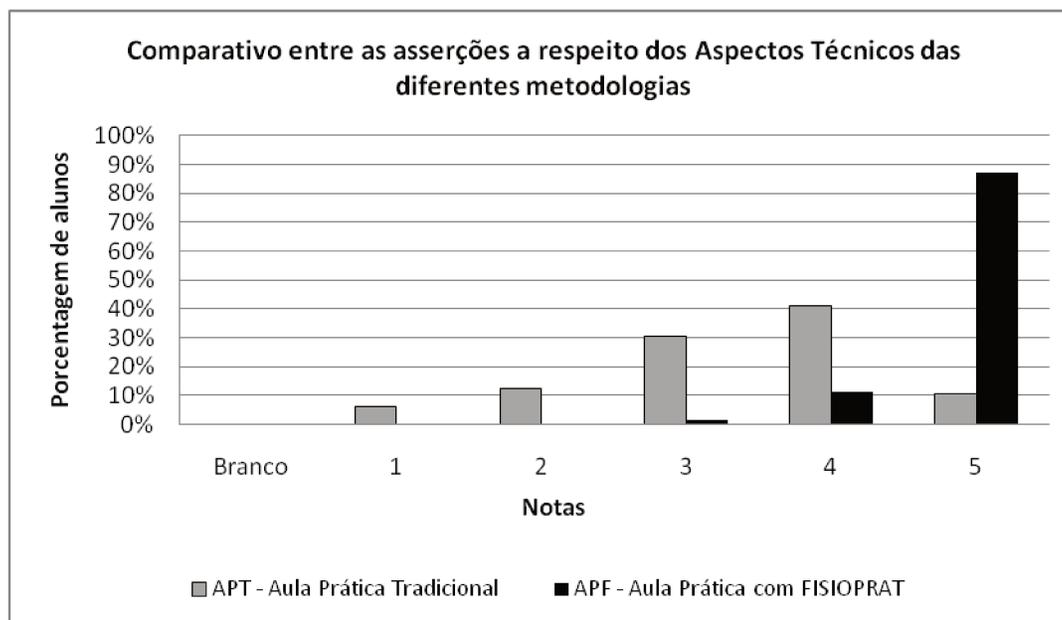
Pressupondo que as metodologias eram diferentes, foram comparadas as notas fornecidas em cada asserção para cada um dos grupos. Quando avaliado os aspectos técnicos das diferentes metodologias, o grupo APF mostrou que a interface do *FISIOPRAT* é mais atrativa e fácil de operar do que o animal real, como mostram a Tabela 4 e a Figura 19.

TABELA 4. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTA ÀS QUESTÕES “*Dos aspectos técnicos quanto à utilização do animal na aula prática*” (GRUPO APT) E “*Compreensão e entendimento da interface (navegação)*” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	2	0	4	1	10	1	4	15
BN	0	0	0	0	2	0	5	0	10	2	1	12
ENF	0	0	3	0	4	0	5	0	3	0	2	21
MED	0	0	1	0	0	0	5	0	4	3	0	7
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>55</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Figura 19 – Comparativo entre as asserções a respeito dos Aspectos Técnicos das diferentes metodologias



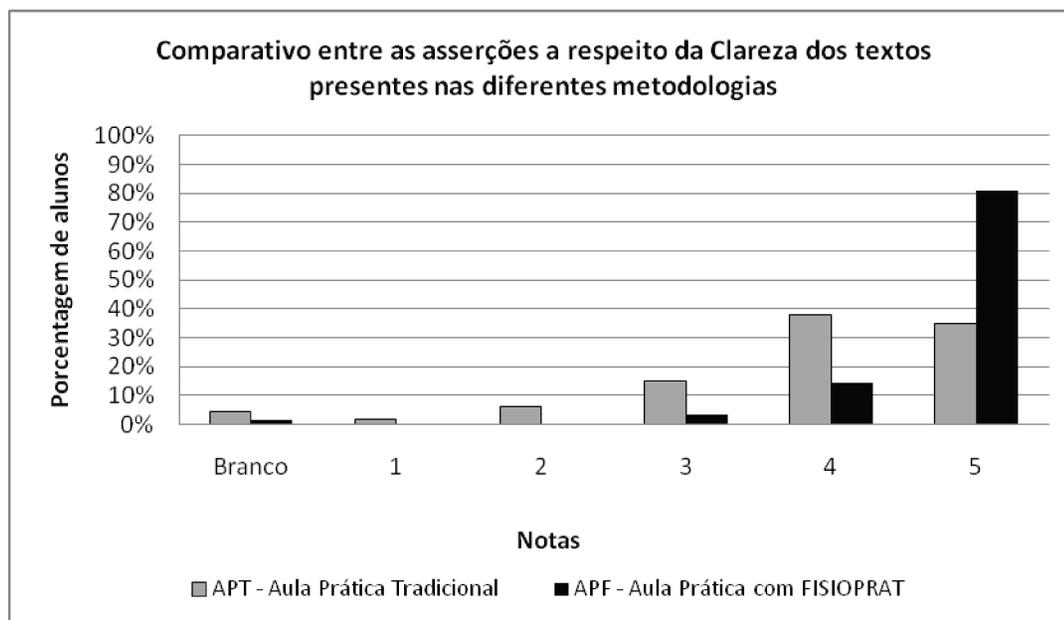
Quando analisada a clareza dos textos fornecidos aos alunos para a execução da aula, percebe-se que o grupo APF se julgou mais preparado para realizar os procedimentos propostos do que o grupo APT, conforme indicado na Tabela 5 e na Figura 20.

TABELA 5. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “Os textos apresentados são claros o suficiente para executar a prática” (GRUPO APT) E “Os textos do software são claros o suficiente para executar as simulações” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	2	0	0	0	0	0	5	0	8	0	5	17
BN	1	0	0	0	0	0	1	0	6	2	10	12
ENF	0	1	0	0	2	0	0	2	1	4	14	14
MED	0	0	0	0	1	0	2	0	5	2	2	8
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>51</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 20 – Comparativo entre as asserções a respeito da Clareza dos textos presentes nas diferentes metodologias



Em relação aos objetivos da aula, como indicado nas Tabela 6 e Figura 21, ao estímulo do desenvolvimento de visão crítica (Tabela 7 e Figura 22), à quantidade de informações apresentadas (Tabela 8 e Figura 24) e fixadas (Tabela 9 e Figura 25), ambos os grupos APT e APF apresentaram notas semelhantes. Isto demonstra que,

durante as aulas, nenhuma metodologia foi favorecida em relação à outra, no tocante à explicação introdutória, permitindo que os alunos não fossem induzidos a se posicionarem favoravelmente a uma ou outra metodologia o que prejudicaria, provavelmente, o processo de avaliação.

Entretanto, quando questionados sobre a utilização de animais em aulas práticas e se é possível substituí-la através de um software educacional, os alunos do grupo APF se mostraram mais favoráveis do que os alunos do grupo APT, como mostram a Tabela 11 e a Figura 23. O fato de o grupo APF ter a aula apenas utilizando o *FISIOPRAT* pode ter influenciado as respostas; porém, a distribuição das notas do grupo APT mostra uma tendência ao favorecimento da utilização de alternativas ao uso de animais.

TABELA 6. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “*Clareza dos objetivos da aula*” (GRUPO APT) e “*Clareza dos objetivos do software*” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	16	16
BN	0	0	0	0	1	0	1	0	8	4	8	10
ENF	0	1	0	0	0	1	0	1	3	3	14	15
MED	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4	6	6
TOTAL	0	1	0	0	4	1	1	1	16	12	44	47

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 21 – Comparativo entre as asserções a respeito da Clareza dos objetivos das diferentes metodologias

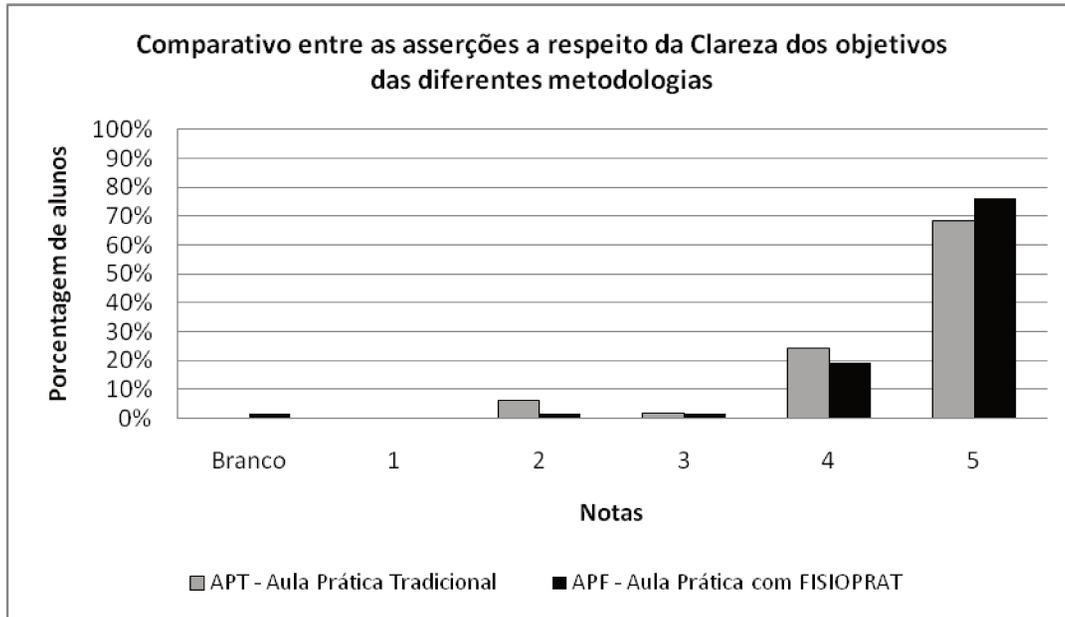


TABELA 7. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “*Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pela aula prática*” (GRUPO APT) E “*Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pelo software*” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	0	0	2	1	10	2	8	14
BN	1	0	1	0	2	0	1	1	5	6	8	7
ENF	0	0	0	0	2	0	1	2	5	6	9	13
MED	0	0	1	0	1	0	1	4	4	5	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>35</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 22 – Comparativo entre as asserções a respeito do estímulo de visão crítica pelas diferentes metodologias

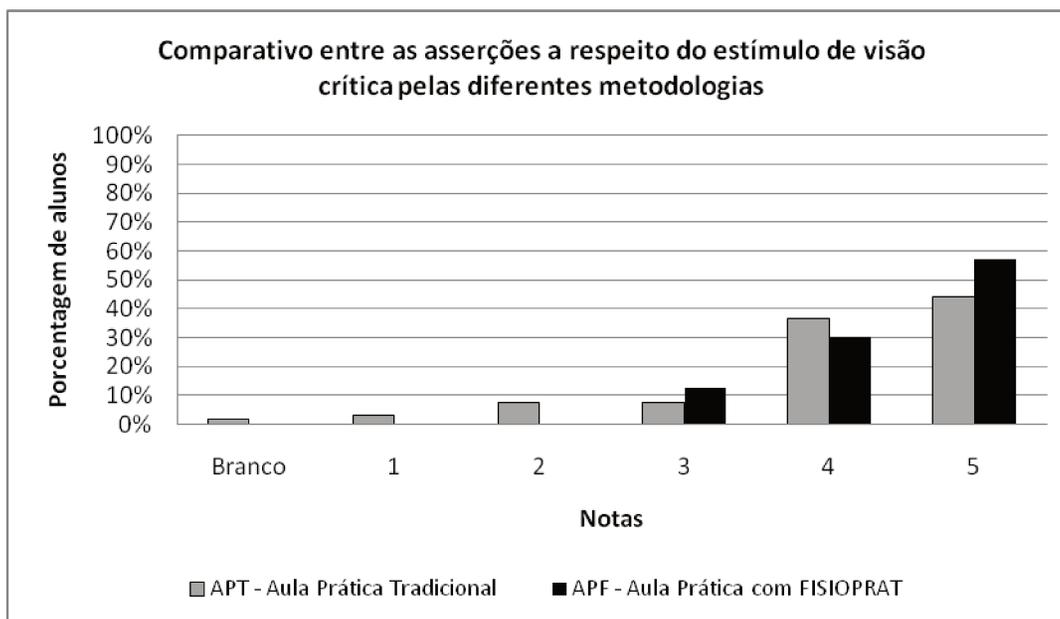


TABELA 8. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “Quantidade de informações fixadas” (GRUPO APT) E “Quantidade de informações fixadas” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	1	0	1	0	3	4	10	5	5	8
BN	0	0	0	0	1	0	6	1	3	7	8	6
ENF	0	1	0	0	1	0	1	1	9	11	6	8
MED	0	0	0	0	0	1	1	2	5	5	4	2
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>24</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 23 – Comparativo entre as asserções a respeito da quantidade de informações fixadas pelas diferentes metodologias

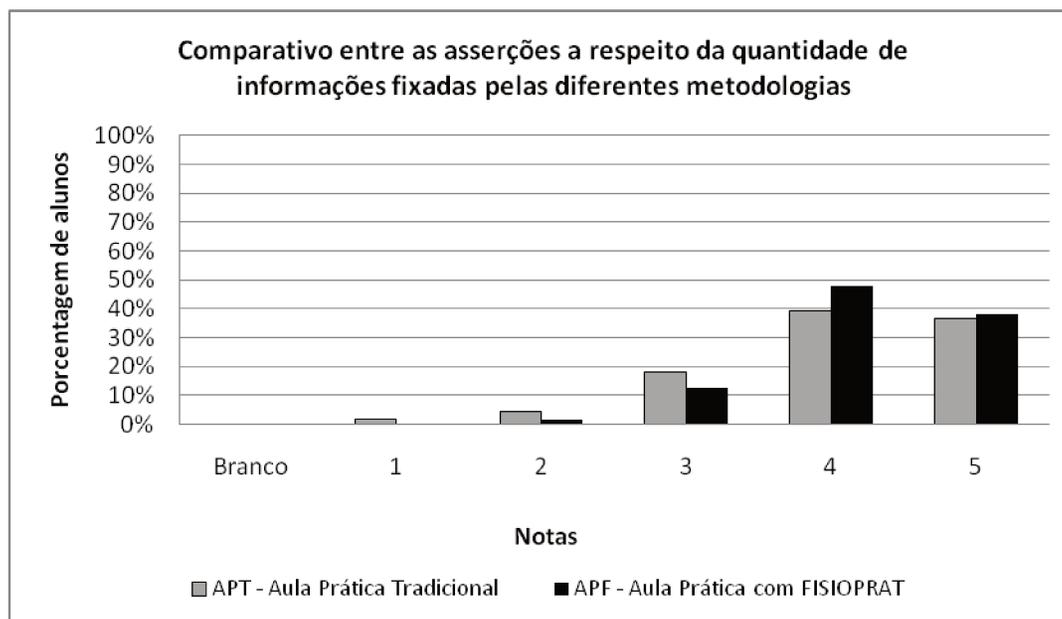


TABELA 9. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “*Substituição da utilização de animais em aulas práticas por software educacional*” (GRUPO APT) E “*O software apresentado é uma boa alternativa para aulas práticas que utilizam animais*” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	1	0	8	0	1	1	5	0	1	2	4	14
BN	0	0	5	0	4	0	4	0	3	3	2	11
ENF	1	0	1	0	1	0	5	1	3	4	6	16
MED	0	0	0	0	0	0	5	2	2	3	3	5
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>46</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 24 – Comparativo entre as asserções a respeito da utilização e substituição de animais em aulas práticas

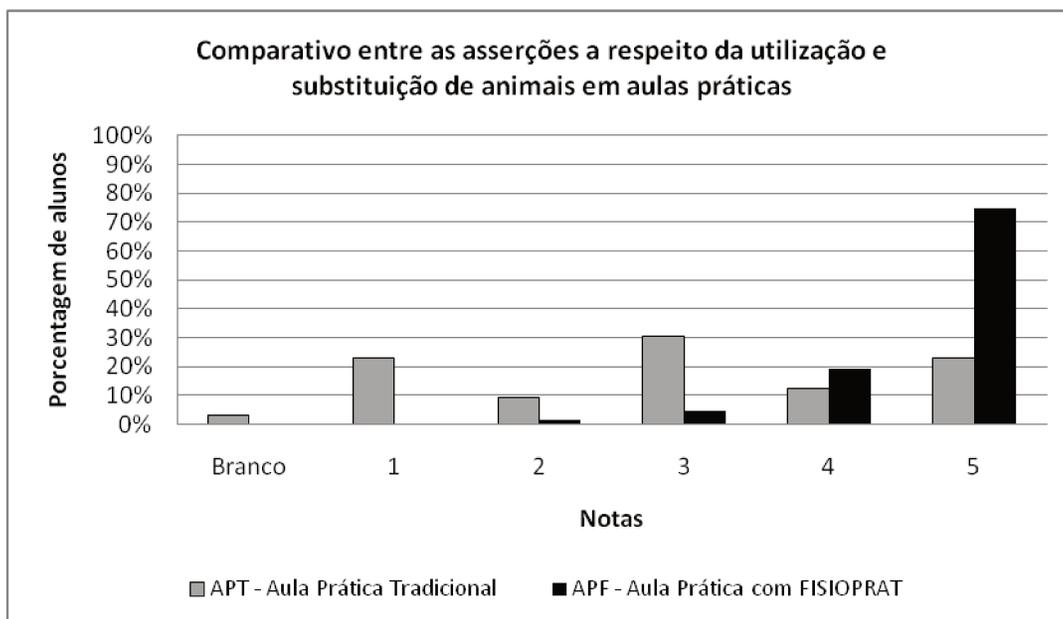
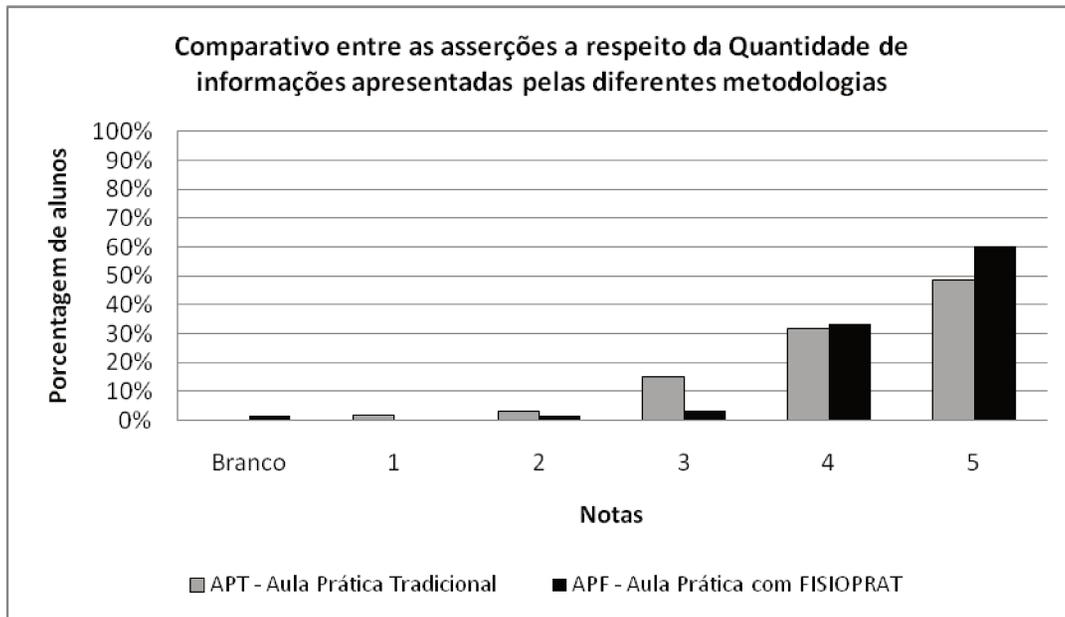


TABELA 10. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “Quantidade de informações apresentadas” (GRUPO APT) E “Quantidade de informações apresentadas” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	1	0	5	1	5	5	9	11
BN	0	0	0	0	0	0	2	1	9	5	7	8
ENF	0	1	0	0	0	0	2	0	4	6	11	14
MED	0	0	1	0	1	1	1	0	3	5	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>37</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 25 – Comparativo entre as asserções a respeito da Quantidade de informações apresentadas pelas diferentes metodologias



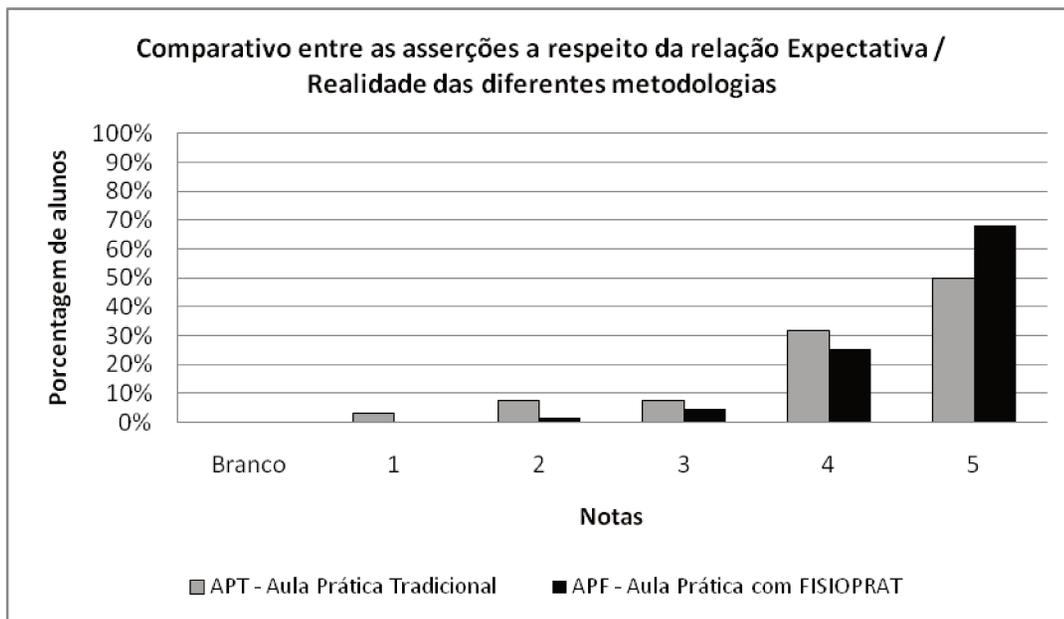
Ao serem questionados sobre a relação expectativa/realidade das diferentes metodologias, o grupo APF avaliou de maneira positiva o uso de um software educacional como alternativa ao uso de animais (Tabela 13 e Figura 27).

TABELA 11. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “*Relação expectativa / realidade da aula prática*” (GRUPO APT) E “*Relação expectativa / realidade do software*” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	2	0	1	1	4	4	13	12
BN	0	0	0	0	2	1	1	0	8	2	7	11
ENF	0	0	0	0	1	0	1	0	4	7	11	14
MED	0	0	2	0	0	0	1	2	6	3	1	5
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>42</b>

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 26 – Comparativo entre as asserções a respeito da relação Expectativa / Realidade das diferentes metodologias



Os valores fornecidos pelo instrumento de avaliação da percepção desse grupo, quando comparadas às fornecidas pelo grupo APT mostram haver, por parte desse último grupo, um desconforto perante o uso do animal. Muitos alunos criticaram o procedimento da aula através de comentários como:

*“A aula prática causa grande impressão e pena nos alunos.”* (aluna do curso de Enfermagem)

*“A aula é muito impactante. Como não se pode anestesiá-lo, ele sofre muito até que o crânio seja perfurado e o encéfalo destruído. Nossa rã era especialmente forte, por isso foi muito mais difícil segurá-la, tornando o procedimento demorado e aumentando o tempo de exposição do animal à dor. Para aprendizado creio que o software pode, perfeitamente, substituir o uso de animais.”* (aluna do curso de Enfermagem)

*“Eu não gostei da aula por utilizar um animal e causar dor a ele. Apesar da prática ser necessária é muito ruim ver o animal sofrer.”* (aluna do curso de Enfermagem)

*“Particularmente considero a utilização do animal na aula prática interessante, mas acho que pode ser substituída por um software educacional. Além disso, considero desnecessário matar o animal na presença dos alunos. Isto me causou enorme desconforto.”* (aluno do curso de Biologia)

“Acho extremamente desnecessário o uso de animais para demonstrações e aulas expositivas como a que ocorreu. O uso desses animais não contribui para uma melhor formação dos alunos. A aula prática com animal poderia, perfeitamente, ser substituída por um software. Outra possibilidade seria passar um filme, não tendo que sacrificar vários animais.” (aluna do curso de Medicina)

“A aula prática funciona mas no meu entendimento a utilização de animais deveria ser uma opção quando não há outras alternativas de aprendizado e, no caso, acho que um vídeo, um software ou mesmo um texto poderiam substituir bem esse tipo de aula sem prejuízos à compreensão da matéria por parte dos alunos.” (aluna do curso de Medicina)

“Nem sempre todos os alunos têm o mesmo acesso aos animais usados (visão).” (aluna do curso de Medicina)

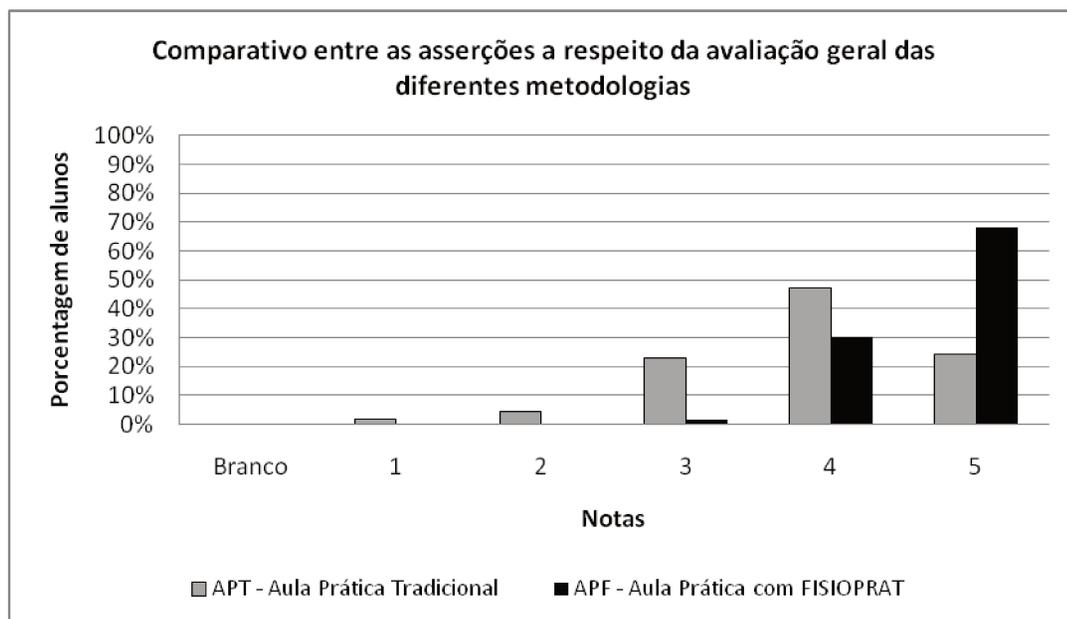
Os alunos puderam avaliar, ainda, a metodologia utilizada de maneira geral, atribuindo a ela uma nota final. O *FISIOPRAT*, dessa maneira, apresentou valores superiores à aula prática tradicional (Tabela 12 e Figura 27).

TABELA 12. NÚMERO DE ALUNOS QUE ATRIBUÍRAM NOTAS ÀS QUESTÕES “Avaliação da aula prática como um todo” (GRUPO APT) E “Avaliação do software como um todo” (GRUPO APF)

Subgrupos	Notas											
	Branco		1		2		3		4		5	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	0	0	0	0	0	4	0	8	2	8	15
BN	0	0	0	0	0	0	5	0	11	4	2	10
ENF	0	0	0	0	2	0	4	0	7	6	4	15
MED	0	0	1	0	1	0	2	1	5	6	1	3
TOTAL	0	0	1	0	3	0	15	1	31	18	15	43

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 27 – Comparativo entre as asserções a respeito da avaliação geral das diferentes metodologias



Há de se evidenciar, entretanto, que a aula prática tradicional não foi mal avaliada. Tanto o grupo APF como APT apresentaram médias altas, com predomínio de notas superiores a 3, fato que ressalta a importância da aula prática para um curso superior, além de comprovar a eficácia de uma metodologia tradicional amplamente utilizada.

As próximas análises de variância buscaram verificar se as metodologias avaliadas eram diferentes ou não dentro de cada subgrupo e, caso fossem, tentar relacionar se o curso avaliado influenciaria o perfil dos alunos e, conseqüentemente, a avaliação.

#### 4.5.2 Análise de Variância (ANOVA) do instrumento de avaliação cognitiva

Além da avaliação das metodologias pelo comparativo das médias, a utilização do segundo instrumento de avaliação criado permitiu avaliar as metodologias pelo comparativo de notas certas e erradas. Para isso utilizou-se um questionário com seis questões objetivas, de múltipla escolha, cujo conteúdo havia sido trabalhado em aula teórica com todos os alunos (sem a separação nos grupos APT e APF).

Dessa maneira, a hipótese nula ( $H_0$ ) era a de que as metodologias não influenciariam nas notas dos subgrupos. A Tabela 13 apresenta a análise estatística

das notas de cada grupo, com as duas metodologias em questão. Para efeito de análise estatística, foi atribuído o valor 1 para as questões corretas e 0 para as incorretas.

TABELA 13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS GRUPOS APT E APF EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

<b>Fator de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Soma de Quadrados</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>Teste F</b>	<b>F crítico</b>	<b>Pr (&gt; F)</b>
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	24447,99	24447,990	120,187	4,96	< 0,0001
Diferença dentro dos subgrupos (BD x BN x ENF x MED)	10	2034,17	203,417			
Total	11	26482,16				

Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

A análise estatística desse conjunto de notas mostrou haver diferença significativa entre as metodologias dos grupos APT e APF. Quando analisadas dentro dos subgrupos (correspondentes às disciplinas em que o *FISIOPRAT* foi utilizado), a tabela mostra que, mais uma vez, os subgrupos diferem em relação às metodologias aplicadas. Sendo assim, ignora-se a hipótese nula anterior e assume-se a hipótese alternativa contrária, a qual diz que as metodologias influenciaram nas notas dos alunos quando analisadas isoladamente e também dentro de cada subgrupo.

Pressupondo-se que as metodologias influenciaram nas questões, foi realizada uma análise detalhada de cada questão, comparando as notas obtidas em cada uma delas de acordo com a metodologia utilizada. A Figura 28 mostra a porcentagem de questões certas, erradas e em branco, em cada grupo (APT e APF) de um total de 240 alunos regularmente matriculados nos subgrupos BD, DN, ENF e MED, 52,91% participaram do projeto e responderam aos questionários, totalizando assim 127 questionários respondidos. A partir desta figura verifica-se que os alunos do grupo APF apresentaram um número maior de questões corretas e um número menor de

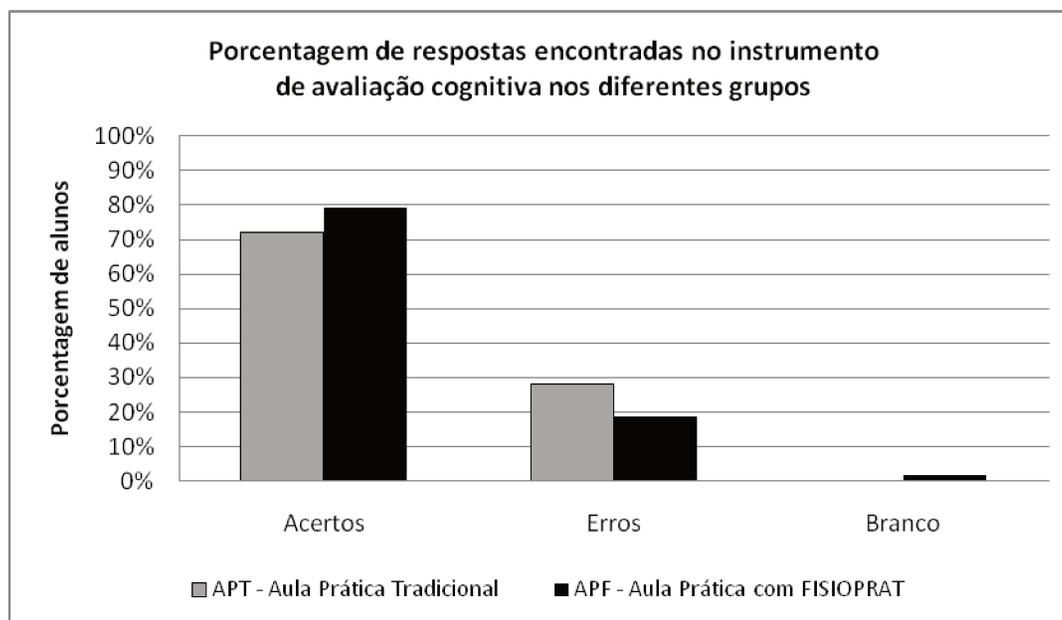
questões erradas do que o grupo APT, fato que pode ser atribuído ao uso do *FISIOPRAT*.

TABELA 14. QUANTIDADE DE RESPOSTAS EM BRANCO, CERTAS E ERRADAS REFERENTES AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA ENCONTRADA EM CADA SUBGRUPO

Subgrupos	Notas					
	Branco		Certas		Erradas	
	APT	APF	APT	APF	APT	APF
BD	0	4	86	77	34	20
BN	0	3	84	72	24	10
ENF	0	0	80	106	22	20
MED	0	0	36	39	24	21
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>286</b>	<b>294</b>	<b>104</b>	<b>71</b>

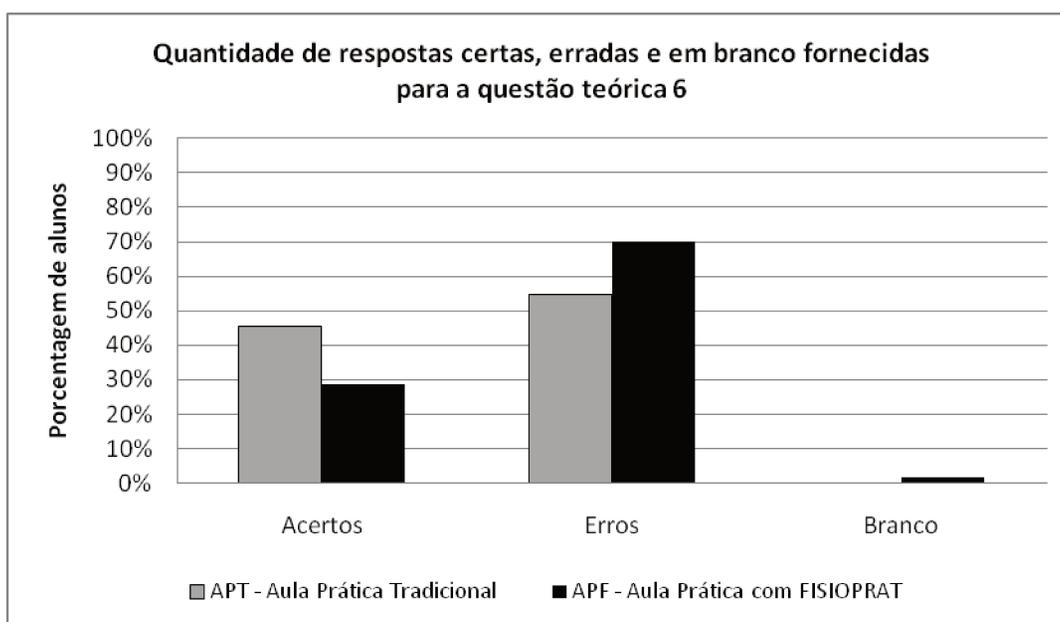
Alunos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD), Licenciatura em Ciências Biológicas (BN), Enfermagem (ENF) e Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

FIGURA 28 – Porcentagem de respostas encontradas no instrumento de avaliação cognitiva nos diferentes grupos



Entretanto, dentre as seis questões respondidas pelos alunos, em apenas uma delas nota-se o inverso do apresentado pela Figura 10. Assim, a Figura 29 mostra as respostas fornecidas para a questão 6 “São características de um animal que teve toda a medula espinal destruída”. Nesta questão, nota-se que os alunos do grupo APT acertaram mais e erraram menos do que os alunos do grupo APF, pelo fato de tratar-se de uma questão onde o contato real com o animal favoreceria seu acerto. Isso demonstra a relevância desse aspecto da aula prática tradicional, mostrando sua importância para o aprendizado do aluno.

FIGURA 29 – Quantidade de respostas certas, erradas e em branco fornecidas para a questão teórica 6.



#### 4.5.3 Análise de cada subgrupo

##### 4.5.3.1 Subgrupo BD

Total de alunos participantes: 37 (62% Mulheres, 38% Homens)

Adesão de participação ao projeto: 82%

Média de idade: 19,97 anos

TABELA 15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO BD EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	14,45	14,450	0,166	4,41	0,689
Avaliação dentro do subgrupo	18	10655,30	87,183			
Total	19	1583,75				

Alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Quando analisados separadamente, os subgrupos apresentam distinção em relação às avaliações. No subgrupo BD, referente aos alunos do segundo ano do curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas, a análise de variância (Tabela 13) mostra que a hipótese  $H_0$  não é rejeitada, pois o modelo não é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 18 graus de liberdade, é aproximadamente 4,41. Uma vez que o valor de  $F = 0,166 < F_{\text{crítico}} \approx 4,41$ , ou uma vez que o valor  $p = 0,689 > 0,05$ , aceita-se  $H_0$ . Para os alunos desse curso, a aula prática tradicional não precisa ser alterada por um software educacional. A variação nas notas mostra que muitos alunos, inclusive, preferiram a aula utilizando o animal quando comparada à aula com o *FISIOPRAT*. Fato que pôde ser observado através dos comentários feitos por alguns alunos (tanto no grupo APT como no grupo APF):

*“A utilização de aula prática é essencial para ajudar o aluno a fixar o assunto, a aula fica mais didática. Na aula com o animal (a rã, por exemplo) a gente pôde ver as respostas aos diferentes estímulos e condições realizadas no animal. Além disso, a*

resposta não é induzida, como ocorre com o software, podendo às vezes não funcionar. No entanto, dependendo do experimento, a aula com o software poderia ser utilizada, porque ajudaria também o aluno a fixar o conteúdo.”

“As aulas práticas com animais são necessárias e o software pode ser um complementar.”

“A diferença na utilização de animais é que nem sempre todas as respostas serão conforme o esperado, possibilitando uma maior variabilidade biológica a ser estudada. Acredito então que a aula dessa maneira se torne mais didática.”

TABELA 16 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO BD EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	2002,22	2002,220	136,515	4,96	< 0,0001
Avaliação dentro do subgrupo	10	146,67	14,667			
Total	11	2148,89				

Alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Em relação à avaliação cognitiva, a análise estatística de cada subgrupo mostrou haver diferença significativa entre as metodologias avaliadas. No subgrupo BD, referente aos alunos do segundo ano do curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas, a análise de variância (Tabela 16) mostrou que a hipótese  $H_0$  é rejeitada, pois o modelo é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 10 graus de liberdade, é aproximadamente 136,515. Uma vez que o valor de  $F = 136,515 > F_{\text{crítico}} \approx 4,96$ , ou uma vez que o valor  $p < 0,0001$  (e, conseqüentemente, menor que 0,05), rejeita-se  $H_0$ . Para os alunos desse curso, a utilização de um software educacional apresenta uma vantagem em relação ao aprendizado, uma vez que permitiu aos alunos acertarem mais questões no instrumento de avaliação cognitiva.

#### 4.5.3.2 Subgrupo: BN

Total de alunos participantes: 32 (66% Mulheres, 34% Homens)

Adesão de participação ao projeto: 71%

Média de idade: 23,25 anos

TABELA 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO BN EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	92,45	92,450	1,987	4,41	0,176
Avaliação dentro do subgrupo	18	837,30	46,517			
Total	19	929,75				

Alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (BN) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Neste subgrupo BN, referente aos alunos do quarto ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, a variação foi um pouco menor em relação ao subgrupo BD. A análise de variância (Tabela 14) mostra um valor obtido no teste F inferior ao valor crítico da distribuição F, com 1 e 18 graus de liberdade, de aproximadamente 4,41. Como o valor de  $F = 1,987 < F_{\text{crítico}} \approx 4,41$ , ou já que o valor  $p = 0,176 > 0,05$ , aceita-se  $H_0$ . Mais uma vez, no caso dos alunos do curso de Biologia, a preferência pela aula prática tradicional se comprovou através de comentários durante a avaliação:

*“Nosso curso é de Biologia e eu acredito que com o software não haverá os “imprevistos”, como tivemos hoje. Eles são fundamentais para pensarmos em uma explicação para eles. Em suma, para estudar a vida é necessário ter contato com ela, o que não pode ser substituído por um software. Já se pensarmos em um curso de ensino médio, realmente o software é suficiente e não há necessidade de sacrificar o animal.”*

*“Apesar de todos os problemas e dificuldades de se lidar com o modelo animal além de toda ética e moral em utilizá-lo, acho indispensável o uso de alguns animais em aulas práticas de fisiologia, pois precisamos ver as respostas fisiológicas em um organismo para facilitar a aprendizagem da parte teórica. Tirar os animais de aula prática de fisiologia seria como ter aulas práticas de histologia com desenhos ao invés de lâminas.”*

*“Para uma avaliação de como realmente NOSSOS sistemas funcionam devemos tê-los em prática, assim como na botânica ao corrermos chaves de identificação utiliza as partes da planta, na fisiologia também devemos ter para nossa aprendizagem. Porém devemos ter a consciência de que um ou dois animais por turma seria suficiente para aula prática.”*

*“Acredito que esse material é de fácil compreensão e que proporciona ao aluno a participação efetiva nas aulas práticas. O software apresenta muitas informações que, às vezes são deixadas de lado em uma aula prática convencional (por falta de tempo, muitas vezes), o que demonstra ser uma boa alternativa.”*

*“Interessante por considerar questões como ética, além de dispensar um gasto de recursos e tempo para assimilação do conteúdo. A proximidade com o conteúdo, penso, foi muito maior, se considerar que na exposição tradicional não teríamos contato factual com o material.”*

Interessante ressaltar que mesmo nos subgrupos BN e BD, o FISIOPRAT foi bem avaliado, recebendo alguns comentários favoráveis à sua utilização. No entanto, fica evidente que os alunos do curso de Biologia em questão preferem realizar a aula prática utilizando o animal ao invés de um software educacional.

TABELA 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO BN EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

<b>Fator de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Soma de Quadrados</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>Teste F</b>	<b>F crítico</b>	<b>Pr (&gt; F)</b>
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	1782,88	1782,880	137,852	4,96	< 0,0001
Avaliação dentro do subgrupo	10	129,33	12,933			
Total	11	1912,21				

Alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

No subgrupo BN, referente aos alunos do quarto ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, a análise de variância (Tabela 18) apresentou um resultado similar ao do subgrupo BD. Neste subgrupo a hipótese  $H_0$  também é rejeitada, pois o modelo é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 10 graus de liberdade, é 137,852. Uma vez que o valor de  $F = 137,852 > F_{\text{crítico}} \approx 4,96$ , ou uma vez que o valor  $p < 0,0001$  (e, conseqüentemente, menor que 0,05), rejeita-se  $H_0$ . Para os alunos desse curso, assim como os do subgrupo anterior, a utilização de um software educacional apresenta uma vantagem em relação ao aprendizado, uma vez que permitiu aos alunos acertarem mais questões no instrumento de avaliação cognitiva.

#### 4.5.3.3 Subgrupo: MED

Total de alunos participantes: 20 (90% Mulheres, 10% Homens)

Adesão de participação ao projeto: 18%

Média de idade: 20,05 anos

TABELA 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO MED EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	304,20	304,200	12,652	4,41	0,0023
Avaliação dentro do subgrupo	18	432,80	24,044			
Total	19	737,00				

Alunos do curso de Medicina (MED) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Por outro lado, o subgrupo MED, referente aos alunos do primeiro ano do curso de Medicina, se mostrou mais favorável à utilização do software educacional *FISIOPRAT*. A análise de variância (Tabela 15) mostra um valor obtido no teste F

superior ao valor crítico da distribuição F, com 1 e 18 graus de liberdade, de 4,41. Como o valor de  $F = 12,652 > F_{\text{crítico}} \approx 4,41$ , ou já que o valor  $p = 0,0025 < 0,05$ , rejeita-se  $H_0$ . Neste caso, nota-se nos comentários uma postura um pouco mais branda, sem tanta euforia a favor de uma metodologia ou outra:

*“A aula prática é mais impactante, mas realmente demora mais e causa a morte de diversos animais, até porque são muitas turmas. O software evita essa situação, mas mesmo assim eu creio que é mais fácil se dispersar. Os exercícios são importantes e ajudam. Poderiam ser 5 testes, por exemplo.”*

*“Acho extremamente válidas ações como essa. A substituição do uso de animais para aula prática é uma possibilidade viável com o desenvolvimento de softwares como esse que nos foi apresentado. O conhecimento adquirido é maior quando utilizamos o software, além disso ele possui textos complementando os experimentos. Nas aulas práticas com animais estamos sujeitos à adversidades. Ficam muitas pessoas ao redor do animal, dificultando uma visão adequada do experimento. Além disso, o animal ficou tão estressado que nem reflexo palpebral ele tinha na ocasião da aula. E mais: houve lesão da região cervical da medula, o que impossibilitou que os membros superiores participassem do reflexo, prejudicando a experimentação.”*

*“Muita brutalidade ao manipular o animal. Foram usados 3 animais, o que não havia necessidade.”*

TABELA 20 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO MED EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	399,82	399,846	36,632	4,96	< 0,0001
Avaliação dentro do subgrupo	10	103,50	10,350			
Total	11	503,35				

Alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

No subgrupo MED, referente aos alunos do primeiro ano do curso de Medicina, a análise de variância (Tabela 20) apresentou um resultado similar aos dos subgrupos

BD e BN. Neste subgrupo a hipótese  $H_0$  também é rejeitada, pois o modelo é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 10 graus de liberdade, é 36,632. Uma vez que o valor de  $F = 36,632 > F_{\text{crítico}} \approx 4,96$ , ou uma vez que o valor  $p < 0,0001$  (e, conseqüentemente, menor que 0,05), rejeita-se  $H_0$ . A baixa adesão de participantes nesse grupo, no entanto, reduziu a diferença entre os valores do teste F, fato que não comprometeu a análise estatística. A baixa adesão de alunos neste subgrupo é justificada pela quantidade de atividades extracurriculares que os alunos apresentavam. Como a participação no projeto era voluntária, muitos alunos alegaram que tiveram de faltar pois haviam marcado outra atividade para o mesmo horário. Mesmo assim, para os alunos desse curso, tal qual ocorreu como os subgrupos anteriores, a utilização de um software educacional apresenta uma vantagem em relação ao aprendizado, uma vez que permitiu aos alunos acertarem mais questões no instrumento de avaliação cognitiva.

#### 4.5.3.4 Subgrupo: ENF

Total de alunos participantes: 38 (92% Mulheres, 8% Homens)

Adesão de participação ao projeto: 95%

Média de idade: 19,42 anos

TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO ENF EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Teste F	F crítico	Pr (> F)
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	3948,50	3948,500	46,523	4,41	< 0,0001
Avaliação dentro do subgrupo	18	1527,70	84,872			
Total	19	5476,20				

Alunos do curso de Enfermagem (ENF) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

Por fim o subgrupo ENF, referente aos alunos do primeiro ano do curso de Enfermagem, se mostrou também mais favorável à utilização do software educacional *FISIOPRAT*. A análise de variância (Tabela 16) mostra um valor obtido no teste F muito superior ao valor crítico da distribuição F, com 1 e 18 graus de liberdade, de 4,41. Como o valor de  $F = 46,523 > F_{\text{crítico}} \approx 4,41$  (valor p inferior a  $0,0001 > 0,05$ ) rejeita-se  $H_0$ . Neste caso, em contrapartida ao grupo BN, encontramos o subgrupo com a melhor avaliação do grupo APF. Entre esses alunos, a opção por não utilizar animais em aulas práticas ficou explícita nos comentários:

*“O software é uma boa alternativa para aulas práticas. Uma idéia bem legal, excelente!”*

*“É cruel, mas interessante. No entanto, creio que dispensável para cursos que não irão conduzir cirurgias.”*

*“O ‘ver ao vivo’ do que acontece é bom mas o sofrimento do animal não é interessante.”*

*“A aula prática serve para entendermos mais facilmente a matéria, mas não concordo com a utilização constante do animal. Usam muito o animal, o deixando sofrer muito tempo.”*

*“Eu acho que aula prática é de bastante utilidade e é boa para melhor entendimento da matéria, mas eu não sou a favor do uso constante de animais nas práticas. Acho que outros métodos fornecem as mesmas informações e são de grande eficácia.”*

TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DENTRO DO SUBGRUPO ENF EM RELAÇÃO AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

<b>Fator de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Soma de Quadrados</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>Teste F</b>	<b>F crítico</b>	<b>Pr (&gt; F)</b>
Diferença entre as metodologias (APT x APF)	1	2545,42	2545,420	96,970	4,96	< 0,0001
Avaliação dentro do subgrupo	10	262,67	26,267			
Total	11	2808,09				

Alunos do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (BD) que realizaram a aula prática tradicional (APT) e a aula prática utilizando o *FISIOPRAT* (APF)

No subgrupo ENF, referente aos alunos do primeiro ano do curso de Enfermagem, a análise de variância (Tabela 22) apresentou um resultado similar aos dos subgrupos anteriores. Neste subgrupo a hipótese  $H_0$  também é rejeitada, pois o modelo é significativo a um nível de significância de 0,05. O valor crítico na distribuição F, com 1 e 10 graus de liberdade, é 96,670. Uma vez que o valor de  $F = 96,670 > F_{\text{crítico}} \approx 4,96$ , ou uma vez que o valor  $p < 0,0001$  (e, conseqüentemente, menor que 0,05), rejeita-se  $H_0$ . Repetindo o resultado obtido pela análise de variância relativa ao instrumento de avaliação cognitiva dos outros subgrupos, para os alunos desse curso a utilização de um software educacional apresenta uma vantagem em relação ao aprendizado, uma vez que permitiu aos alunos acertarem mais questões no instrumento de avaliação cognitiva.

#### 4.6 Instrumentos de avaliação

Os questionários de avaliação utilizados apresentaram uma alta correlação entre as asserções feitas, como apresentado na Tabela 19.

TABELA 23 - VALORES DA MEDIDA DE CORRELAÇÃO E RESPECTIVA INTERPRETAÇÃO EM CADA ASSERÇÃO

Asserção	R	Correlação
1	0,88	Alta
2	0,83	Alta
3	0,94	Alta
4	0,95	Alta
5	0,86	Alta
6	0,92	Alta
7	0,95	Alta
8	0,87	Alta
9	1	Perfeita
10	0,93	Alta

A única correlação perfeita refere-se à asserção 9, uma vez que trata-se da mesma pergunta para ambas as metodologias. Como o objetivo dos instrumentos de avaliação era quantificar e comparar duas metodologias buscou-se utilizar asserções

com alta correlação. Da mesma maneira, a Tabela 20 abaixo mostra os valores dos coeficientes de confiabilidade obtidos segundo a Fórmula 2, de Spearman-Brown.

TABELA 24 - VALORES DOS COEFICIENTES DE CONFIABILIDADE DO INSTRUMENTO PELA FÓRMULA SPEARMAN-BROWN PARA CADA ASSERÇÃO

<b>Asserção</b>	<b>R</b>
1	0,99
2	0,98
3	0,99
4	1,00
5	0,98
6	1,00
7	1,00
8	0,97
9	0,96
10	0,98

Sua análise mostra que todas as asserções feitas apresentam um coeficiente de confiabilidade superior ao valor recomendado por Likert (1967), indicando assim que caso fossem aplicadas novamente, essas asserções deveriam receber a mesma pontuação, permitindo então que esse trabalho seja replicado.

#### **4.7 FISIOPRAT x AULA PRÁTICA TRADICIONAL**

Conforme citado por Barak (1999), a Biologia e suas áreas envolvem conteúdos complexos os quais, muitas vezes, necessitam de certo grau de abstração por parte dos alunos para sua completa visualização. Algumas áreas, como a Fisiologia Animal, se beneficiam do fato de apresentar aspectos microscópicos quanto macroscópicos, os quais facilitam sua compreensão.

Tal como sugeriu Claude Bernard (Singer, 1996), o ensino de Fisiologia deveria ser ativo. Assim, a maneira mais clara de obedecer a essa regra seria através de aulas práticas realizadas em laboratório, como as realizadas desde o século XIV por Vesalius (Aires, 2008).

Analogamente ao avanço científico deveríamos encontrar mudanças no ensino, uma vez que a sociedade também mudou e, conseqüentemente, os valores apresentados pelos alunos. No entanto, algumas áreas da Fisiologia parecem paradas no tempo, apresentando um mesmo modelo didático desde que suas aulas começaram a ser ministradas. A eletrofisiologia é um exemplo disso, pois desde o final do século XVII, quando passou a ser estudada por Alessandro Volta e Luigi Galvani, sua metodologia é praticamente a mesma: utilizar estímulos químicos e elétricos em animais para avaliar sua resposta.

Greif (2003) apresenta em seu livro diversas alternativas ao uso de animais em aulas práticas sem que haja prejuízo ao ensino, conforme já demonstrado por Balcombe (2000). Telles Filho (1999) mostrou haver uma grande aceitação de um software educacional no ensino por parte dos alunos.

O *FISIOPRAT*, quando testado com os alunos dos cursos de Biologia, Medicina e Enfermagem, mostrou-se uma alternativa viável ao uso de animais na aula “Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos”. Quando comparadas as notas dos grupos APT e APF, percebe-se que o segundo grupo apresentou notas maiores do que o primeiro, de modo geral.

Entretanto, quando separados os subgrupos BD, BN, ENF e MED, encontramos uma variação entre as notas fornecidas. Nos subgrupos BD e BN, referentes respectivamente aos alunos do segundo ano do curso de Licenciatura e Bacharelado e quarto ano do curso de Licenciatura, ambos em Ciências Biológicas, encontramos uma propensão maior à utilização de animais em aulas práticas do que à utilização de um software educacional. Nesses subgrupos, encontramos uma média de idade superior à dos subgrupos ENF e MED (21,61 anos contra 19,73 anos) e uma distribuição mais homogênea entre homens e mulheres (entre os grupos BD e BN encontramos 36% de homens e 64% de mulheres, enquanto que entre os grupos ENF e MED encontramos 9% de homens e 91% de mulheres). Esses fatores podem ter influenciado nas respostas dos alunos, assim como sugerido por Diniz (2006).

Diniz (2006) mostra em seu trabalho que os homens apresentaram mais sentimentos positivos (Admiração, Ansiedade, Bem-Estar, Curiosidade, Felicidade, Orgulho, Satisfação, Supremacia e Tranqüilidade) quando em um laboratório onde serão usados animais vivos do que sentimentos negativos. No caso das mulheres, o resultado é o oposto, apresentado mais sentimentos negativos quando submetidas à mesma situação. Além disso, o autor também mostrou haver, por parte de alunos do curso de Medicina, um predomínio de sentimentos negativos (como Agonia,

Agressividade, Angústia, Culpa, Dificuldade de concentração, Revolta, entre outros) quando em laboratório onde são usados animais vivos.

A idade média dos alunos pode também ter influenciado na distribuição das notas. No caso dos alunos do curso de Biologia, a idade mais elevada sugere uma maneira de pensar diferente daquela encontrada entre os alunos de Enfermagem e Medicina. Para eles, o uso de animais é muito importante uma vez que a proposta do curso é estudar a vida (conforme dito por um aluno). Entretanto, cursos de Enfermagem e de Medicina se propõem a formar profissionais também interessados em estudar a vida e, mais que isso, interferir ativamente através de práticas cirúrgicas.

Quando analisados os grupos ENF e MED, um fato interessante deve ser levado em consideração: o vestibular. Para ingressar na faculdade no ano de 2009, os alunos do curso de Enfermagem fizeram o vestibular da UNICAMP aplicado no final do ano anterior. O vestibular da UNICAMP caracterizava-se por ser composto de duas fases inteiramente dissertativas, sendo que na primeira fase o aluno precisa elaborar uma redação sobre um tema proposto pela prova. No ano em questão, o tema do vestibular foi a experimentação animal na ciência. Dessa maneira, os alunos do subgrupo ENF, ao utilizar o *FISIOPRAT*, já haviam discutido a utilização de animais no ensino e na ciência. Fato esse que não era encontrado em muitos alunos dos subgrupos BD e BN.

Cursos de Medicina são comumente citados como os mais difíceis e concorridos do vestibular, de modo geral. É comum nesses cursos, inclusive, alunos ingressarem com uma média de idade superior aos 20 anos, mostrando que muitos tentam passar no vestibular por mais de uma vez. Sendo assim, mesmo que os alunos do subgrupo MED tenham ingressado no curso mediante a prova de vestibular da UNICAMP aplicada no final do ano de 2009 (cuja temática era outra), eles também tentaram no ano anterior, realizando a mesma prova dos alunos do subgrupo ENF. Assim, é possível inferir que o vestibular forneceu argumentos favoráveis à utilização do *FISIOPRAT* em relação à aula prática utilizando animal.

Independente das variáveis idade, sexo e subgrupo, em todos os casos as duas metodologias foram bem avaliadas. Isso comprova a eficácia da utilização de animais no ensino de Fisiologia Animal, conforme sugerido por Claude Bernard (Aires, 2008). Entretanto, a utilização de um software educacional como alternativa mostrou-se também viável e bem avaliada por parte dos alunos, conforme sugerido por Balcombe (2000) e semelhante ao que ocorreu com Telles Filho (1999) com alunos do curso de Enfermagem.

## 5 Conclusão

Tendo em vista que:

- a) Nos testes de percepção, o software educacional *FISIOPRAT* foi melhor avaliado que a aula prática tradicional com o modelo animal;
- b) No teste cognitivo os alunos que utilizaram o *FISIOPRAT* acertaram mais e erraram menos que os alunos que realizaram a aula prática tradicional;
- c) O *FISIOPRAT* foi melhor avaliado por todos os subgrupos, ainda que os subgrupos BD e BN tenham apresentado menor rejeição ao uso de animais na aula prática devido, provavelmente, à idade e ao sexo;

Concluimos que o software *FISIOPRAT* desenvolvido neste trabalho pode ser utilizado como alternativa ao uso de animais na aula prática “Avaliação de Reflexos Medulares em Rã mediante Estímulos Químicos e Mecânicos”, sem desconsiderar a importância da metodologia tradicional no ensino desta aula prática de Fisiologia Animal.

## 6 Referências Bibliográficas

- AIRES, M. M. et al., *Fisiologia 3ª ed.* Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- ANDRADE, A.; PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. *Animais de Laboratório: Criação e experimentação.* Ed. Fiocruz, 2002.
- BALCOMBE, J. *The use of animals in higher education: problems, alternatives and recommendations.* Humane Society Press, 2000.
- BARACK, J.; SHEVA, B. & GORODETSKY, M. As “process” as it can get: students’ understanding of biological processes. *International journal of Science Education*, 21: 1281 - 1292, 1999.
- BUCKLEY, B. C. *Interactive Multimedia and model-based learning in biology.* *International Journal of Science Education*, 22: 895 - 935, 2000.
- BRUNO, L. F. C. (Org.) *Levantamento da qualidade de vida no trabalho.* Monografia apresentada na Universidade do Amazonas, 1999.
- CARMICHAEL, S. W.; PAWLINA, W. *Animated PowerPoint as a tool to teach Anatomy.* *Anat Rec (New Anat)*, 261: 83 - 88, 2000.
- DINIZ, R.; DUARTE, A. L. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; ROMITI, M. *Animais em Aulas Práticas: Podemos substituí-los com a mesma qualidade de ensino?*, *Revista Brasileira de Educação Médica*, 30(2): 31 - 41, 2006.
- FELIPE, S.; NEGRÃO, S. *Colóquios sobre Ética Animal – Curso de Extensão em Ética Global “Benefício” humano, sofrimento animal, devastação dos recursos naturais; uma abordagem crítica da produção industrial de animais, sob a perspectiva ética de Peter Singer e Tom Regan: Colóquio 2 - crítica ao especismo na ética contemporânea; a proposta do princípio da igual consideração de interesses.* URL: (consultado em abril de 2005): <http://www.vegetarianismo.com.br/artigos/etica-sonia2.html>, 2003.
- GREIF, S. & TRÉZ, T. *A verdadeira face da experimentação animal.* Rio de Janeiro: Sociedade Educacional “Fala Bicho”, 2000.
- GREIF, S. *Alternativas ao uso de animais vivos na educação: pela ciência responsável.* Instituto Nina Rosa, São Paulo, 2003.
- HEPNER, L. A. *Animals in Education – The Facts, Issues and Implications.* Albuquerque, Richmond Publishers, 1994.
- HOWELL, D. C. *Statistical methods for psychology.* 5ª ed. Belmont: Duxberry Press, 2002.
- JUKES, N.; CHIUIA, M. *From guinea pig to computer mouse: alternative methods for a progressive, humane education.* 2ª ed. Leicester: Briddles, 2003.

- LIKERT, R. *The method of constructing an attitude scale*. New York: Wiley, 1967.
- LOLLINI, P. *Didática & Computador quando e como a informática na escola*. Edições Loyola, 2001.
- MAYER, V. J.; HINTON, N. K. *Animals in the classroom: Considering the options*. *The Science Teacher* 57(3): 27-30. 1990.
- MICHAEL, J. A. *Teaching problem solving in small groups*. Promoting active learning in the life science classroom: *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 701. New York. 1993.
- MIKROPOULOS, T.A.; KATSIKIS, A.; NIKOLOU, E. & TSAKALIS, P. *Virtual Environments in biology teaching*. *J. Biol. Educ.* 37(4): 176 – 181, 2003.
- MORAES, S. G.; REIS, M. V. A.; MELLO, M. F. S.; PEREIRA, L. A. V. *The usefulness of autopsies as a tool for teaching human embryology*. *Braz J Morphol Sci*, 21: 117 - 123, 2004.
- MORAES, S. G. *Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de ensino de embriologia humana*. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas. 2006.
- MOORE, D. S. *A estatística básica e sua prática*. Traduzido por Alfredo Alves de Farias. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- MORTON, D. B. *Animal use in education and the alternatives. Alternatives to Laboratory Animals*. 1987.
- NETTO, S. P. *Telas que ensinam: Mídia e aprendizagem do cinema ao computador*. Editora Alínea, Campinas, SP, 2001.
- PEAT, M.; FERNANDEZ, A. *The role of information technology in biology education: an Australian perspective*. *J. BIOL. EDUC.* 34(2): 69 – 73, 2000.
- PEDERSEN, H. *Humane Education – Animals and Alternatives, In Laboratory Classes, Aspects, Attitudes and Implications*. Grafisk form Inge Skog, 2002.
- PETITTO, S. *Projetos de trabalho em informática: desenvolvendo competências*. Campinas: Papirus, 2003.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010.
- RITZ, M. R. C. *Qualidade de vida no trabalho: construindo, medindo e validando uma pesquisa*. Tese de Mestrado, Instituto de Matemática e Estatística, UNICAMP, Campinas. 96p. 2000.
- RULON, P. J. *A simplified procedure for determining the reliability of the test by Split-Halves*. *Harvard Educational Review*, vol . IX, nº 1, 1939.

SCHIMIDT, M. J. *Understanding and Using Statistics*. D. C. Heath and Co. Lexington, Mass. 1975.

SINGER, C. *Uma breve história da anatomia e fisiologia desde os gregos até Harvey*. Campinas, Ed. Unicamp, 1996.

SVENDSEN, P.; HAU, J. *Handbook of Laboratory Animal Science, Volume 1, Selection and Handling of Animals in Biomedical Research*. CRC Press, 1994;

THOMAS, R. E. *Teaching medicine with cases: student and teacher opinion*. Med Educ, 26: 200 - 207, 1992.

TELLES FILHO, P. C. P., CASSIANI, S. H. D. B. *O Computador no Ensino de Enfermagem – Análise das Atitudes de Discentes de Instituições de Nível Superior*. Ribeirão Preto. Rev. Latino-Americana de Enfermagem: v. 7- n. 1: 93 – 98, 1999.

TRÉZ, T. A. *O uso de Animais Vertebrados como Recurso Didático na Universidade Federal de Santa Catarina: Panorama, Alternativas e Educação Ética*. 2000. 69 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

VALENTE, J. A. (org.). *Formação de Educadores para o uso da informática na escola*. Campinas: Unicamp/ NIED, 2003.

**APÊNDICE I – Instrumento de Avaliação da Metodologia FISIOPRAT (APF)**  
**AVALIAÇÃO SOFTWARE FISIOPRAT**  
**Professores: Miguel e Francisco**

**Sexo:** ( ) M ( ) F **Idade:** \_\_\_\_\_ anos

**01. Compreensão e entendimento da interface (navegação)**

Difícil 1 2 3 4 5 Fácil

**02. Os textos do software são claros o suficiente para executar as simulações**

Não 1 2 3 4 5 Sim

**03. Clareza dos objetivos do software**

Insatisfatória 1 2 3 4 5 Satisfatória

**04. Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pelo software**

Baixo 1 2 3 4 5 Alta

**05. O software apresentado é uma boa alternativa para aulas práticas que utilizam animais**

Não 1 2 3 4 5 Sim

**06. Quantidade de informações apresentadas**

Pouca 1 2 3 4 5 Muita

**07. Quantidade de informações fixadas**

Pouca 1 2 3 4 5 Muita

**08. Clareza dos textos de apoio didático complementares ao software**

Péssimo 1 2 3 4 5 Excelente

**09. Relação expectativa / realidade do software**

Ruim 1 2 3 4 5 Boa

**10. Avaliação do software como um todo**

Péssimo 1 2 3 4 5 Ótimo

**Comentários / Críticas / Sugestões**

**APÊNDICE II – Instrumento de Avaliação da Metodologia Tradicional (APT)**

**AVALIAÇÃO DA AULA PRÁTICA COM ANIMAL**

**Professores: Miguel e Francisco**

**Sexo:** ( ) M ( ) F **Idade:** \_\_\_\_\_ anos

**01. Dos aspectos técnicos quanto à utilização do animal na aula prática**

Difícil manipulação 1 2 3 4 5 Fácil manipulação

**02. Sua opinião quanto à utilização do animal na aula prática**

Desnecessário 1 2 3 4 5 Fundamental

**03. Clareza dos objetivos da aula**

Insatisfatória 1 2 3 4 5 Satisfatória

**04. Os textos apresentados são claros o suficiente para executar a prática**

Não 1 2 3 4 5 Sim

**05. Estímulo ao desenvolvimento de visão crítica pela aula prática**

Baixo 1 2 3 4 5 Alta

**06. Quantidade de informações apresentadas**

Pouca 1 2 3 4 5 Muita

**07. Quantidade de informações fixadas**

Pouca 1 2 3 4 5 Muita

**08. Relação expectativa / realidade da aula prática**

Ruim 1 2 3 4 5 Boa

**09. Substituição da utilização de animais em aulas práticas por software educacional**

Não 1 2 3 4 5 Sim

**10. Avaliação da aula prática como um todo**

Péssimo 1 2 3 4 5 Ótimo

**Comentários / Críticas / Sugestões**

## APÊNDICE III – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO COGNITIVA

### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DA AULA

01. Os interneurônios inibitórios da região dorsal da medula:

- a) Inibem a transmissão do impulso sensorial ao córtex somatotrófico
- b) Inibem as fibras do fuso muscular
- c) Inibem o órgão tendinoso de Golgi
- d) Inibem os motoneurônios alfa
- e) Inibem as fibras musculares extrafusais

02. A estimulação dos motoneurônios gama:

- a) Modula a atividade do fuso muscular
- b) Inibe a atividade do motoneurônio alfa
- c) Envia potenciais de ação através das fibras Ia ao músculo esquelético
- d) Reduz a sensibilidade dos receptores periféricos ao estímulo mecânico
- e) Aumenta a amplitude da resposta motora voluntária

03. O reflexo de extensão cruzada:

- a) Não é gerado por um estímulo nociceptivo
- b) Ocorre independente do reflexo de retirada
- c) Promove a estimulação da musculatura antagonista ao músculo estimulado
- d) Hiperpolariza o músculo estimulado
- e) As alternativas “a” e “b” estão corretas

04. Num animal que sofreu transecção da medula espinhal (choque espinhal) observam-se os seguintes eventos **exceto**:

- a) Ausência dos reflexos de retirada
- b) Perda do controle dos esfíncteres da bexiga e do intestino grosso
- c) Hipotensão arterial
- d) Perda das informações excitatórias descendentes
- e) Hipertonia muscular

05. Com relação ao choque espinhal:

- a) As alterações motoras decorrentes dessa condição permanecem inalteradas ao longo da vida
- b) Alguns aspectos motores podem apresentar parcial recuperação
- c) Ocorre comprometimento de processos cognitivos
- d) O sistema colunar-dorsal continua enviando projeções da área imediatamente abaixo da lesão ao córtex motor
- e) O sistema espino-talâmico continua enviando projeções da área imediatamente abaixo da lesão ao córtex motor

06. São características de um animal que teve toda a medula espinhal destruída:

- a) Presença de rigidez flexora permanente
- b) Presença de rigidez extensora temporária
- c) Ausência das representações somatotrópicas do córtex somatosensorial
- d) Ausência de processos cognitivos
- e) Presença de movimentos peristálticos intestinais

**APÊNDICE IV – GABARITO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO  
PARA OS GRUPOS APT E APF**

<b>Asserção</b>	<b>Nota</b>	<b>Valor</b>
01	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
02	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
03	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
04	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
05	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
06	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
07	1	1
	2	2
	3	3
	4	4

	5	5
08	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
09	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
10	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5

## **APÊNDICE V – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS**

O presente projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da Unicamp (Parecer do projeto 1049 / 210 homologado em 02/11/2010) e seu parecer pode ser visto a seguir., juntamente com o termo de consentimento livre e esclarecido dos alunos que participaram como sujeitos dessa pesquisa, exigido pelo CEP.



CEP, 06/12/10  
(Grupo III)

**PARECER CEP:** N°1049 /2010 (Este n° deve ser citado nas correspondências referente a este projeto).  
**CAAE:** 0822.0.146.000-10

## I - IDENTIFICAÇÃO:

**PROJETO: “DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE SOFTWARE EDUCACIONAL ALTERNATIVO AO USO DE ANIMAIS EM AULAS PRÁTICAS DE FISIOLÓGIA : FISIOPRAT”.**

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL:** Francisco Cubo Neto

**INSTITUIÇÃO:** IB/Unicamp

**APRESENTAÇÃO AO CEP:** 06/10/2010

**APRESENTAR RELATÓRIO EM:** 06/12/11 (O formulário encontra-se no *site* acima).

## II - OBJETIVOS

Avaliar a eficácia do uso de software em substituição ao uso de animais em aulas práticas de fisiologia.

## III - SUMÁRIO

Serão convidados a fazer parte do estudo alunos das disciplinas BF284, BF482 e BS110, oferecidas pelo IB para os cursos regulares da Biologia, Enfermagem e Medicina, com um total estimado de 240 sujeitos. Propõe-se dividir as salas aleatoriamente em duas, uma parte dos alunos tendo aulas práticas tradicionais, com o uso de animais, e a outra realizando as atividades usando o software.

## IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Após respostas às pendências, o projeto encontra-se adequadamente redigido e de acordo com a Resolução CNS/MS 196/96 e suas complementares, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

## V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.



## VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delimitada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

## VII- DATA DA REUNIÃO

Homologado na X Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 26 de outubro de 2010.

  
**Prof. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo**  
VICE-PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
FCM / UNICAMP

**APÊNDICE VI – MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO**

**Desenvolvimento e Análise de Software Educacional Alternativo ao Uso de Animais em  
Aulas Práticas de Fisiologia: FISIOPRAT**

O objetivo deste projeto de mestrado é desenvolver e avaliar a eficiência educacional de uma metodologia de ensino de fisiologia animal e biofísica através da utilização de um software educacional alternativo ao uso de animais em aulas práticas de Fisiologia. O software gerado, intitulado *FISIOPRAT*, será testado por alunos do primeiro ano do curso de Enfermagem, Medicina, terceiro ano do curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas e quarto ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, respectivamente nas disciplinas BF482, BF880, BF284 e BS110 e será avaliado pelos mesmos através de questionários. Os dados estatísticos dessa avaliação serão analisados para indicar a eficiência dessa nova metodologia de ensino. Subseqüentemente estes dados serão utilizados com a finalidade de ensino e de publicações científicas, mantendo-se em sigilo a identidade dos estudantes participantes do projeto.

\_\_\_\_\_  
**Resposáveis: Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas (orientador)**

**Francisco Cubo Neto (mestrando)**

**Departamento de Anatomia, Biologia Celular, Fisiologia e Biofísica**

**Instituto de Biologia – Unicamp**

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, aluno regular do curso de ( ) Enfermagem, ( ) Medicina, ( ) Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, ( ) Licenciatura em Ciências Biológicas, aceito me submeter ao presente projeto de pesquisa, testando e avaliando a metodologia de ensino desenvolvida.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Campinas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Em caso de dúvidas, contactar: Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas  
Departamento de Anatomia, Biologia Celular, Fisiologia e Biofísica  
Fone: (19) 9195-9532

ou Francisco Cubo Neto (mestrando)

Departamento de Anatomia, Biologia Celular, Fisiologia e Biofísica  
Fone: (19) 3521-6196

Comitê de Ética em Pesquisa (Faculdade de Ciências Médicas – Unicamp): (19) 3521-8936

## ANEXO I – HISTÓRICO DO ENSINO DE FISILOGIA ANIMAL

Breve histórico de como evoluiu o ensino de Fisiologia, desde os gregos até o século XIX, baseado nos trabalhos de Aires (2008) e Singer (1996)

### 1. Grécia (400 – 300 a.C.)

A fisiologia ocidental é tão antiga quanto a física e a química, todas tendo origem nos primeiros pensadores gregos. O que é feito hoje dentro dos laboratórios foi e é determinado historicamente, estando inserido numa tradição de pesquisa que possui suas raízes em épocas remotas. Olhando para o passado, podemos aguçar a visão crítica sobre pesquisa atual, procurando sempre evitar cometer os erros de nossos predecessores. Focando nas metodologias de ensino, esse olhar para o passado permite que novidades surjam, reinventando a maneira de passar o conteúdo aos alunos.

Os filósofos pré-socráticos, interessados no estudo da natureza como um todo, podem ser considerados os primeiros *physiologói*, ou fisiólogos. A medicina grega surge exatamente nessa mesma época. Além da escola de Empédocles, Alcmeão funda nessa mesma época sua escola médica. Consta que Alcmeão realizou algumas disseções em animais e que concebia a saúde com um equilíbrio de forças dentro do organismo.

A fundação da medicina como uma disciplina racional e científica está associada à figura de Hipócrates. O conjunto de sua extensa obra forma o *Corpus Hippocraticus*, embora se admita que grande parte dela tenha sido escrita por seus colegas e seguidores. Na famosa obra *Sobre a Natureza dos Homens*, é exposto o pensamento fisiológico da escola hipocrática que, de certa maneira, representa uma fusão das idéias de Empédocles e de Alcmeão. Para Hipócrates, a fisiologia baseava-se na doutrina dos “*quatro humores*” ou sucos (*khymós*), segundo a qual o corpo humano seria constituído por uma mistura de quatro fluidos, ou humores: o sangue; a fleuma; a bile amarela e a bile negra. Cada um desses humores estaria associado a um elemento essencial (fogo, água, ar e terra) e apresentaria um par dentre quatro características: quente, frio, seco e úmido. Assim, o sangue seria quente e úmido, a fleuma, fria e úmida; a bile amarela, quente e seca; e a bile negra, fria e seca. (Singer, 1996)

Em um organismo saudável esses quatro humores estariam misturados de maneira equilibrada. A doença, por sua vez, representaria o desequilíbrio entre esses

humores. Na saúde o organismo estaria, portanto, em *eukrasia*, enquanto que na doença estaria em *dyskrasia*.

Posteriormente, surge Platão com sua obra *Timeu*. Neste diálogo, no qual Timeu expõe a Sócrates sua cosmologia, o organismo seria um pequeno universo, concebido como um grande organismo vivo, um “*animal dotado de alma e de razão*”. Segundo Platão, o homem e o universo seriam cópias moldadas por um artífice divino, um demiurgo que utilizou como molde formas ideais e eternas.

Tanto o mundo quanto o homem possuiriam uma alma que comandaria a matéria, esta formada pelos quatro elementos: terra, fogo, água e ar. A fisiologia contida no *Timeu* é baseada numa divisão tripartida da alma humana, que possuiria uma porção imortal e outra mortal. A porção imortal seria divina e a mais nobre, uma reprodução microcós mica da alma do mundo e estaria situada na cabeça (justificando, assim, seu formato arredondado). Essa parte da alma seria racional e capaz de aquisição de conhecimento, além de ser responsável por comandar a porção mortal. Situada no tronco, a alma mortal seria dividida em duas partes: uma porção irascível, ou colérica, situada acima do diafragma, em torno do coração e dos pulmões, a qual seria capaz de sentir ira, participando da coragem do homem para enfrentar seus inimigos. A outra porção da alma mortal seria a apetitiva, situada entre o diafragma e o umbigo (distante da porção racional), e buscaria alimentos e bebidas, cuidando das funções nutricionais do corpo. O estômago, o intestino, o fígado e o baço seriam comandados por essa parte da alma.

Utilizando esse esquema, Platão constrói sua fisiologia, na qual a respiração desempenha um papel central. O ar inspirado serviria para resfriar o coração, que possuía um calor inato e fervia em momentos de cólera. Os movimentos de inspiração e expiração seriam responsáveis pela circulação do sangue nas artérias e veias. Esses movimentos seriam o resultado de um complexo processo mecânico causado por correntes dos elementos fogo e ar. O sangue seria produzido no estômago, pela transformação (digestão) dos alimentos por meio da ação do fogo, e subiria em direção à cabeça em dois grandes vasos. Importante ressaltar que nesse período ainda não havia distinção entre veias e artérias, nem era conhecida a contração muscular como propulsora do movimento sanguíneo. (Singer, 1996)

Na seqüência histórica encontramos Aristóteles, que assim como Platão e os pré-socráticos, preocupou-se com o estudo da *phýsis*. Na obra “*As Partes dos Animais*”, Aristóteles marca posição contra explicações fisiológicas mecanicistas, como as de Empédocles e Demócrito, afirmando categoricamente que, para o fisiologista, as causas finais são mais importantes que as eficientes. Ao estudar uma parte de um

animal – um órgão por exemplo – o fisiologista deveria buscar explicar “em vista de que” aquele órgão existe, e qual a sua função. Como exemplo, ele diz que quando analisamos o trabalho de um carpinteiro, não estamos interessados na força e no ângulo com o qual ele desferiu seus golpes na madeira (causa eficiente), mas sim na razão, no objetivo final pelo qual ele esculpiu a peça.

Para Aristóteles, o calor vital – inato ao organismo – desempenhava uma função central, sendo o instrumento do desenvolvimento. No organismo adulto, o calor vital teria sua sede no coração, considerado por ele o principal órgão do organismo, uma vez que era o primeiro órgão a ser observado funcionando no crescimento embrionário e o último a parar de funcionar na morte. O coração seria também a sede da sensibilidade e do pensamento; sendo a função do cérebro simplesmente a de resfriar o excesso de calor vital. (Aires, 2008)

## *2. Alexandria (300 – 250 a.C.)*

Alexandria contava com uma importante escola médica, que fundiu o pensamento médico hipocrático com os conhecimentos da medicina egípcia. O clima de liberdade científica que dominava a cidade permitiu que a dissecação de cadáveres humanos fosse prática comum entre seus integrantes, e é provável que até algumas vivisseções humanas tenham sido realizadas por eles. Essa escola foi responsável por enormes avanços no conhecimento anatômico e fisiológico; nela, destacam-se os nomes de Herófilo e de Erasítrato (Singer, 1996).

Considerado por alguns como o pai da anatomia, Herófilo foi um dos primeiros professores a realizar disseções em público, fato que atraía para Alexandria estudantes de diversas regiões. Além de descrever diversos órgãos genitais masculino e feminino, Herófilo foi o primeiro a diferenciar claramente as artérias das veias. Utilizando uma clepsidra (relógio d'água), mediu o pulso de diversos pacientes, analisando sua sístole e sua diástole.

Erasítrato possuía uma inclinação mais fisiológica do que anatômica, sendo por isso considerado um dos pais da fisiologia. Foi o primeiro a realizar necrópsias para estudar as causas da morte. Não aceitou a doutrina hipocrática dos quatro humores, como havia feito Herófilo. Considerou os tecidos como uma malha formada por veias, artérias e nervos, que continuavam a se subdividir além dos limites da visão. Erasítrato foi também o primeiro a propor de maneira clara que a ação dos músculos era responsável pela produção de movimento. Dessa forma, abandonou a crença adotada até então, de que a digestão era uma espécie de cozimento, ou fermentação

dos alimentos, e propôs que ela ocorria graças à ação dos músculos do estômago. Depois de digeridos, os alimentos dariam origem, no fígado, ao sangue, que seria distribuído pelas veias para o resto do organismo. Por meio de passagens minúsculas, o sangue passaria das veias para as artérias. Com esse pensamento, Erasítrato antecipa a existência dos capilares.

O ar (*pnêuma*) absorvido nos pulmões atingiria o coração, onde seria transformado num espírito vital, distribuído pelas artérias para o resto do organismo. O coração foi reconhecido por Erasítrato como responsável pelo bombeamento do sangue: o lado direito bombearia o sangue produzido no fígado e o esquerdo, o sangue misturado com o ar proveniente dos pulmões. Seguindo sua teoria pneumática, concluiu que, atingindo o cérebro, o espírito vital contido no sangue era transformado no espírito animal. Isso ocorreria dentro dos ventrículos, de onde seria transportado pelos nervos para o resto do organismo.

### 3. Roma (50 a.C. – 250 d.C.)

Cláudio Galeno (129 – 200 d.C.) foi uma das maiores e mais influentes figuras médicas da Antiguidade. Galeno dissecou vários animais e realizou inúmeros experimentos, motivo que lhe designou o título de pai da fisiologia experimental.

Tal qual Aristóteles, Galeno aceitava a idéia de que a natureza não faria nada em vão e agiria sempre com um propósito em vista, determinando a morfologia das várias estruturas do organismo, as quais possuiriam sempre a forma ideal para que melhor executassem a função a que foram destinadas. Seguindo esse princípio, realizou uma detalhada descrição do corpo humano, sobretudo no que diz respeito aos ossos e aos músculos, de onde derivam alguns dos nomes utilizados ainda hoje. Em experimentos sobre a fisiologia da coluna vertebral, relacionou a altura de lesões com os déficits por elas produzidos.

A fisiologia de Galeno baseia-se na doutrina humoral hipocrática e, apesar de ser um grande crítico de Erasítrato, adota um sistema parecido com o do mestre alexandrino. Esse sistema baseia-se em três centros, sede das três partes da alma humana conforme Platão: o fígado, o coração e o cérebro. A estes centros, estariam relacionados três tipos de *pnêuma*, ou espíritos, respectivamente: o *pnêuma physicón* (espírito natural), o *pnêuma zoticón* (espírito vital) e o *pnêuma phychicón* (espírito animal). (Singer, 1996)

Assim como Platão, Galeno acreditava que o corpo era apenas um instrumento da alma, uma vez que o *pnêuma* seria a essência da vida, incorporado ao homem no

ato da respiração. Através da *trachea arteria*, o ar inspirado atingiria os pulmões e, dali, pelas veias pulmonares, o ventrículo esquerdo do coração, onde seria misturado ao sangue, originado no fígado. Também no fígado, o sangue venoso recém-produzido seria impregnado com o espírito natural, e daí distribuído para todo o organismo. O lado direito do coração era considerado um importante ramo do sistema venoso. No ventrículo direito, uma pequena parte do sangue atravessaria o septo interventricular através de minúsculos canais, ocupando o ventrículo esquerdo. A esse sangue seria incorporado o espírito vital, proveniente do ar absorvido nos pulmões. Ao alcançar o cérebro, o sangue receberia o terceiro tipo de *pnêuma*: o espírito animal, sendo assim distribuído para o resto do organismo pelos nervos, que seriam ocos.

#### 4. *Renascimento (1300 – 1550 d.C.)*

Demorou muito pouco para que a arte renascentista se expandisse, deixando os estúdios e sendo aproveitada pelos professores acadêmicos como ocorreu sobretudo na Universidade de Pádua, o grande centro de ensino médico da Itália na época. A primeira grande figura paduana foi o holandês Andreas Vesalius com sua obra prima, o *De Humani Corporis Fabrica* publicado em 1543.

Desde o século XIV, uma aula universitária de anatomia consistia na leitura do manual de Mondino (o *Anathomia*), seguida geralmente da leitura de um texto de Galeno. Enquanto o professor, do alto de sua cátedra, realizava a leitura do texto em latim, um cirurgião-barbeiro, inculto e iletrado, dissecava um cadáver, apontando as estruturas anatômicas aos alunos. A possibilidade de encontrarmos uma falha na comunicação era muito grande, uma vez que o professor não se aproximava do cadáver e seu assistente não entendia latim.

Além disso, essas demonstrações, assim como a maioria das disseções realizadas nas universidades, tinham como principal objetivo confirmar as descrições de Galeno. A autoridade galênica era tamanha, que Iacobus Sylvius, professor de Vesalius, chegou a dizer que “*qualquer estrutura encontrada no homem contemporâneo cuja descrição divergisse daquela feita por Galeno seria apenas o resultado de posterior decadência e degeneração da espécie humana!*” (Singer, 1996)

As aulas de Vesalius passaram a ser extremamente concorridas, pois todos queriam assistir ao novo mestre, que inusitadamente descia de sua cátedra – fato até então inédito - para demonstrar diretamente no cadáver as estruturas descritas no texto.

Temendo que seus desenhos feitos no quadro, com qualidade inferior, fossem

utilizados nos estudos, Vesalius publica em 1538 seis pranchas de anatomia intituladas *Tabulae Anatomicae Sex*, que se tornaram sucesso imediato. O sucesso dessa obra serviu como estímulo para que, cinco anos mais tarde, ele publicasse o *De Humani Corporis Fabrica*, obra que marca o início da anatomia e fisiologia modernas. Com ela, foi quebrada a longa tradição que supunha que a transmissão do conhecimento estaria ligada exclusivamente ao texto escrito.

Até a publicação do *De Humani*, todo o ensino científico era realizado com base nos textos clássicos, que não apresentavam figuras. Dessa maneira, o uso de ilustrações era visto com desconfiança pelos professores europeus, uma vez que a figura degradaria a erudição do texto.

##### 5. *Revolução Científica (1600 – 1700 d.C.)*

A ciência moderna, como nós a conhecemos hoje, nasceu ao longo dos séculos XVI e XVII, época marcada pela ruptura com a visão de mundo e com a ciência de Aristóteles, que havia dominado o panorama científico até então.

Outro traço fundamental marca a nova ciência nascente: a experimentação, recurso que, atualmente, imediatamente associamos às ciências naturais. A atitude experimental foi veementemente enfatizada pelo filósofo britânico Francis Bacon que defendia a idéia de que a aquisição de conhecimento deve necessariamente partir de observações empíricas.

Em sua obra mais famosa, o *Novo Organon*, publicada em 1620, Bacon critica o método aristotélico, que dava um grande valor às deduções de conclusões científicas a partir de princípios axiomáticos. Bacon propõe “trocar os livros pelas coisas, a biblioteca pelo laboratório, o mundo teórico pelo universo prático”; ou seja, substituir a ênfase que os gregos davam ao raciocínio puramente teórico e dedutivo pela experimentação prática. (Singer, 1996)

Contemporâneo e contrário a Francis Bacon, René Descartes afirmava que a gênese do conhecimento estava na razão e não na experiência. A analogia cartesiana caminha no sentido oposto: os seres vivos (homens e animais) são concebidos como máquinas. Para explicar um fenômeno natural, portanto, é necessário desvendar os mecanismos dessa máquina, substituindo o fenômeno real pelo modelo mecânico subjacente. A realidade última das coisas não é identificada com o que é observável nem com a experiência imediata, mas sim com a matéria e o movimento das partículas que constituem a matéria: ambos devem ser, na medida do possível, medidos e quantificados.

A fisiologia estava entre as várias áreas da ciência a que Descartes se dedicou. Esta foi totalmente determinada pela sua concepção materialista e mecanicista da natureza. A organização e a estrutura dos órgãos determinariam sua função, de maneira que o organismo agiria de forma mecânica.

Ao tomar conhecimento dos trabalhos de William Harvey sobre a circulação sanguínea, Descartes vê uma confirmação de suas idéias. No entanto, ele rejeita a idéia de que o coração funcionaria como uma bomba; em vez disso, propõe que o coração funcionaria como um forno, produzindo calor que fermentaria e dilatava o sangue, provocando o batimento cardíaco e sua expulsão pelas artérias.

Ao longo do século XVII, uma sucessão de descobertas que culminou com a teoria da circulação sanguínea proposta por William Harvey derrubou o núcleo central da fisiologia galênica, que se apoiava na tríade fígado – coração – cérebro.

Até então, supunha-se que o lado direito do coração transportaria sangue venoso produzido no fígado a partir dos alimentos vindos dos intestinos, enquanto que a porção esquerda, juntamente com as artérias, seria responsável por transmitir o espírito vital – absorvido nos pulmões – para o organismo. Uma fração do sangue venoso atravessaria o septo interventricular em direção ao ventrículo esquerdo para tornar-se arterial.

A grande descoberta de Harvey está diretamente ligada à fantástica escola anátomo-fisiológica deixada por Vesalius após sua saída de Pádua. Harvey observou que quando seguramos um coração com as mãos, sentimos que ele enrijece ao funcionar, do mesmo modo que acontece quando um músculo, como o bíceps, se contrai – razão para se considerar a ação do coração como a de qualquer outro músculo. Também observou que a expansão das artérias, sentida na pulsação, se dá concomitantemente à contração ventricular, descartando a idéia de que a dilatação das artérias fosse um processo ativo independente do coração. Além disso, viu que quando o sangue penetra numa das grandes artérias (pulmonar ou aorta), ele é impedido de voltar pelas válvulas arteriais, fato que já era conhecido por Galeno, Leonardo da Vinci, entre outros. Harvey insistiu na impossibilidade de o sangue atravessar o septo cardíaco, não só por sua espessura, mas pelo fato de os dois ventrículos contraírem-se ao mesmo tempo, o que não gera pressão suficiente para movimentar o sangue de um ventrículo ao outro.

Harvey utilizou o conhecimento de que as artérias situam-se em profundidade em relação às veias, as quais ficam mais próximas à superfície da pele para realizar um experimento e começar a elaborar sua teoria que revolucionaria completamente a fisiologia.

Ao se colocar um garrote muito apertado acima do cotovelo de um homem, o sangue arterial não conseguia chegar até a mão, a qual perdia a pulsação e esfriava, enquanto a região acima do torniquete inchava. Já se o garrote fosse levemente apertado, era o sangue venoso que não conseguia retornar da extremidade do braço, que inchava.

Seus experimentos eram seguidos de importantes análises quantitativas, e uma delas representou um golpe mortal no sistema galênico: Harvey demonstrou que multiplicando a quantidade de sangue ejetada do ventrículo esquerdo a cada contração pelo número de batimentos cardíacos por minutos, percebe-se que a quantidade de sangue que passa pelo coração em uma hora excede muito o peso de um homem (postulando então a teoria do Débito Cardíaco).

Baseado em todas essas evidências, Harvey propôs a teoria de que o sangue circula pelo organismo impulsionado pelos movimentos de contração muscular do coração.

A partir dos trabalhos de Harvey, a concepção do funcionamento do corpo animal foi radicalmente alterada. O *De Motu Cordis* foi o primeiro tratado da era moderna dedicado a um tema estritamente fisiológico, o que não acontecia desde a antiguidade (Aires, 2008).

## 6. Iluminismo (1700 – 1800 d.C.)

Em 1791 o professor de anatomia Luigi Galvani publicou a primeira obra sobre a presença da eletricidade em seres vivos, o *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*.

Utilizando vários tipos de preparações experimentais, ele estimulou eletricamente nervos de rãs e observou a contração muscular que ocorria em suas patas. Sua conclusão foi que o corpo desses animais era capaz de produzir e armazenar um tipo de fluido elétrico que era responsável pela contração muscular.

Lendo atentamente a obra de Galvani e repetindo alguns de seus experimentos, o professor de física Alessandro Volta concluiu que, apesar de reagir à eletricidade externa, as rãs não eram capazes de produzir eletricidade intrinsecamente. De acordo com Volta, os resultados encontrados por Galvani deviam-se à eletricidade gerada pelos metais utilizados para conectar os nervos e músculos da rã.

A teoria de Galvani sobre a eletricidade animal estava diretamente ligada à tradição fisiológica de sua época. O fato de utilizar rãs recentemente sacrificadas, em vez de animais vivos, por exemplo, evitava qualquer possível interferência da alma ou

de forças vitais em suas preparações. Surgia, assim, a eletrofisiologia.

Entre os anos de 1700 e 1800 a fisiologia já possuía uma identidade um tanto distinta da anatomia. O anatomista preocupava-se com as causas materiais e eficientes do organismo, enquanto o fisiologista estava interessado nas causas últimas (finais), inacessíveis aos anatomistas. Enquanto a anatomia criava fatos, a fisiologia tirava conclusões (Aires, 2008).

### 7. *Tempos Modernos (1800 – 1940 d.C.)*

Os primeiros praticantes dessa nova visão fisiológica constituem uma reação contra: 1) a concepção de que a fisiologia era uma ciência puramente teórica, ou um ramo da filosofia; 2) a presença de “forças vitais” no funcionamento dos organismos vivos, ou seja, a recusa de explicações vitalistas.

A primeira constatação do francês Claude Bernard foi de que realmente existem fenômenos que ocorrem em organismos vivos que não ocorrem nos corpos inanimados. Assim sendo, são as leis que regem esses fenômenos que o fisiologista deve tentar desvendar; essas leis não são físicas nem químicas, e sim fisiológicas. Não se trata de negar que a vida depende de fenômenos físico-químicos, mas de dizer que ela não se reduz a esses fenômenos.

A fisiologia, segundo Bernard, deveria constituir-se numa ciência autônoma. Bernard não concebe mais a fisiologia como uma continuação da anatomia. Ao contrário, ele afirma que “em vez de proceder do órgão para a função”, o fisiologista deve “começar a partir do fenômeno fisiológico e procurar sua explicação no organismo”. (Singer, 1996)

Segundo Bernard, a experimentação fisiológica deve, ainda, ser um processo ativo; o pesquisador deve provocar a ocorrência do fenômeno que deseja investigar: “*experimentação é observação provocada*”. Para ele, o observador aceita os fenômenos apenas da maneira como a natureza os coloca diante dele, enquanto que o experimentador os faz aparecerem sob condições nas quais ele é o mestre. Claude Bernard surge, assim, como o fundador da Fisiologia Moderna e um dos fundadores da endocrinologia.

Na segunda metade do século XIX a fisiologia germânica foi associada à Carl Ludwig, pesquisador que se estabeleceu em Leipzig onde fundou um Instituto de Fisiologia.

A orientação teórica do Instituto, assim como a de seu idealizador, era antivitalista, e seus métodos experimentais eram físico-químicos. Isso norteou grandes

avanços metodológicos, como a invenção do quimógrafo, instrumento que virou um dos símbolos da pesquisa fisiológica. Outra inovação introduzida por Ludwig foi a técnica de manter um órgão isoladamente vivo, por meio da perfusão de uma solução nutriente. Essa técnica permitiu o estudo do funcionamento do coração.

Na Rússia, desde 1891, a divisão de fisiologia do Instituto Imperial de Medicina Experimental era conduzido por Ivan Pavlov. A fisiologia praticada por Ludwig e Pavlov constituiu-se numa tendência nos principais centros de pesquisa nos anos seguintes.

Em 1913, Willem Einthoven desenvolveu um novo tipo de galvanômetro capaz de registrar pequenos sinais elétricos projetados pelo coração na superfície do corpo. Era a origem do eletrocardiograma, método de crucial importância clínica e fisiológica ao longo do século XX.