

## **Recursos complementares no ensino-aprendizagem da fisiologia dos potenciais elétricos do coração**

**Fabiola da Silva Albuquerque**, Doutora em Psicologia (Psicologia Experimental), Docente do Departamento de Fisiologia e Patologia, UFPB, João Pessoa-PB [fabiolasalbuquerque@gmail.com](mailto:fabiolasalbuquerque@gmail.com)

**Rachel Linka Beniz Gouveia**, Doutora em Ciências (Fisiologia Humana – Neurociências e Comportamento), Docente do Departamento de Fisiologia e Patologia, UFPB, João Pessoa-PB, [rachelbenizlinka@hotmail.com](mailto:rachelbenizlinka@hotmail.com)

**Temilce Simões de Assis Cantalice**, Doutora em Fisiologia e Farmacologia, Docente do Departamento de Fisiologia e Patologia, UFPB, João Pessoa-PB, [temilce@gmail.com](mailto:temilce@gmail.com)

**Francisco Antônio de Oliveira Júnior**, Mestre em Fisioterapia, Técnico do Laboratório de Fisiologia do Departamento de Fisiologia e Patologia, UFPB, João Pessoa-PB, [jr\\_ltf@yahoo.com.br](mailto:jr_ltf@yahoo.com.br)

---

**Resumo:** Diante dos desafios atuais do processo ensino-aprendizagem, principalmente envolvendo conteúdos complexos e ricos em detalhes, docentes da Disciplina de Fisiologia Humana da Universidade Federal da Paraíba vêm desenvolvendo recursos complementares de estudo, denominados de maquetes. O objetivo do presente trabalho foi investigar a contribuição desses recursos para a aprendizagem dos potenciais elétricos envolvidos no automatismo cardíaco. Para isto, 119 estudantes (84 mulheres) de seis diferentes cursos: Educação Física, Fonoaudiologia, Nutrição, Farmácia, Terapia Ocupacional e Psicologia, cujos professores responsáveis foram os realizadores do presente artigo, assistiram às aulas teóricas correspondentes e, em seguida, participaram de uma aula prática com a utilização da maquete. Os estudantes responderam a testes de conhecimento sobre o tema antes e depois de utilizarem as maquetes. O desempenho nos testes foi analisado como variável dependente em uma ANOVA 2 x 6 (gênero x curso), e o teste t pareado foi utilizado para comparar o desempenho antes e depois. Considerou-se o nível de significância  $p < 0,05$ . Não houve diferença significativa entre gêneros. No teste antes das maquetes, o desempenho dos estudantes de Psicologia foi significativamente melhor do que os dos demais cursos. Na comparação dos resultados no teste depois, não houve diferença significativa de desempenho dos diferentes cursos. No geral, o desempenho no teste depois da aplicação das maquetes foi significativamente melhor do que antes. Sugerimos que as maquetes, utilizadas como recurso complementar, produziram um efeito significativo no processo ensino-aprendizagem dos estudantes amostrados. Discutimos que as maquetes podem ter fornecido um elemento concreto acessível à percepção de que a complexidade do assunto poderia ser superada e contribuíram para engajar os alunos na responsabilidade pela construção do seu próprio conhecimento, favorecendo a aprendizagem.

**Palavras-chave:** ensino, fisiologia, materiais de ensino, eletrofisiologia cardíaca

### **Supplementary resources in teaching-learning of physiology of electric potentials of heart**

**Abstract:** Facing the current challenges of the teaching-learning process, mainly involving complex and rich content in detail, teachers of the Human Physiology Department of the Federal University of Paraíba have been developing complementary study resources, known as mock-ups. The objective of the present study was to investigate the contribution of these resources to the learning of electrical potentials involved in cardiac automatism. In this project, 119 students (84 women and 35 men) from six different courses: Physical Education, Speech Therapy, Nutrition, Pharmacy, Occupational Therapy and Psychology, whose responsible teachers were the authors of this article, attended the corresponding theoretical classes, and then, participated in a practical lesson with the use of the model. The students responded to knowledge tests on the subject before and after using the models. Test performance was analyzed as a dependent variable in a 2 x 6 ANOVA

(gender x course), and the paired t test was used to compare before and after the performance. The level of significance was set at  $p < 0.05$ . There was no significant difference between genders. In the pre-layout test, the performance of Psychology students was significantly better than those of the other courses. In the comparison of the results in the test later, there was no significant difference in the performance of the different courses. In general, the test performance after the application of the models was significantly better than before, suggesting that the models used as a complementary resource had a significant effect on the teaching-learning process of the students sampled. We argued that mockups may have provided a concrete element accessible to the perception that the complexity of the subject could be overcome and contributed to engaging students in the responsibility for building their own knowledge, favoring learning.

**Key-words:** teaching, physiology, teaching materials, cardiac electrophysiology.

---

## Introdução

O objetivo principal de uma disciplina de Fisiologia clássica é a compreensão dos mecanismos que garantem a homeostase do corpo e, por conseguinte, a sobrevivência. Nesse aspecto, o sistema cardiovascular tem destaque, principalmente o coração, uma vez que é o responsável por bombear o sangue para todas as partes do corpo. Para exercer função tão importante, o coração se contrai através de um mecanismo automático e que é modulado pelo sistema nervoso autônomo. O automatismo decorre de eventos (potenciais) elétricos relacionados às células especializadas que compõem este órgão. A aprendizagem desse assunto envolve um vasto volume de informações e muitos detalhes a serem identificados e relacionados, semelhante a outros assuntos relativos ao corpo humano (ARAGÃO, FIGUEIREDO & BONFIM, 2011).

Para compreender os potenciais elétricos, os alunos precisam relacionar esse novo tema com a constituição da membrana das células animais: formada por uma dupla camada contínua de fosfolípidos e que, em vários pontos, contém proteínas que formam estruturas funcionais como os canais iônicos. A membrana individualiza a célula e separa o espaço extracelular daquele intracelular, ambientes ricos em íons específicos que se movem de dentro para fora (corrente de efluxo/saída) e de fora para dentro (corrente de influxo/entrada) através dos canais. Esse movimento gera um gradiente elétrico que pode ser medido em voltagem, na comparação entre o espaço intracelular e o extracelular, conhecido como diferença de potencial da membrana em repouso (simplificadamente, potencial de membrana). Repouso significa o estado estável do dinamismo desse movimento (SILVERTHORN, 2010).

A estabilidade pode ser rompida gerando o potencial de ação, evento dividido em fases que sempre se repetem de mesmo modo e que é deflagrado quando um valor limiar de voltagem é alcançado. Cada fase de um potencial de ação decorre de uma corrente de

influxo/entrada ou de efluxo/saída de íons positivos (cátions) através da membrana que, por sua vez, depende da abertura de canais (anteriormente fechados) para os íons transitarem (AYRES, 2012; MALAQUIAS & ALBUQUERQUE, 2014; SILVERTHORN, 2010).

A estrutura do coração envolve dois tipos celulares que estão conectados através de junções comunicantes: células auto excitáveis (em pequeníssima quantidade) e as células contráteis (o músculo, propriamente dito). Os potenciais de ação dessas células se diferenciam em relação as fases (despolarização, repolarização e, em algumas situações, platô e hiperpolarização) e aos íons envolvidos (sódio, cálcio e potássio). O potencial de ação das células auto excitáveis (PCA) será o fator desencadeador para o surgimento do potencial de ação das células contráteis (PCC), que literalmente fazem a contração do coração.

Entretanto, o surgimento do PCA depende de uma corrente iônica denominada de marcapasso (CMP), a fonte do automatismo cardíaco. A CMP ocorre porque há na membrana das células auto excitáveis canais iônicos que sempre se abrem quando a voltagem da membrana está negativa (denominados de  $I_f$  ou “engraçados”), permitindo o influxo de íons sódio (principalmente), o que faz a membrana alcançar seu limiar iniciando o PCA – momento em que os canais  $I_f$  se fecham. No limiar, canais específicos para o íon cálcio se abrem e permitem seu influxo – constituindo a fase de despolarização. Esses canais se inativam no momento em que canais para potássio se abrem e permitem a saída desse íon – constituindo a fase de repolarização.

O PCA se propaga para a célula contrátil dando início ao PCC com a abertura de canais de sódio que permitem seu influxo – fase de despolarização. A inativação dos canais de sódio ocorre no momento em que os canais de potássio se abrem, resultando na saída desse íon, dando início a uma rápida e transitória repolarização. Também nesse momento, ocorre a abertura de canais de cálcio, permitindo a entrada desse íon na célula. Essa entrada de cálcio se equipara à saída de potássio e com isso a voltagem da célula permanece estável – fase denominada de platô. Com o fechamento dos canais de cálcio, a continuidade da saída de potássio gera a fase final de repolarização da membrana (AYRES, 2012; MALAQUIAS & ALBUQUERQUE, 2014; SILVERTHORN, 2010).

Além de todo o detalhamento das fases dos potenciais descritos anteriormente, o entendimento do automatismo cardíaco envolve compreender que esta função precisa ser

regulada (modulada) para ajustar seu funcionamento às necessidades do organismo, momento a momento, durante a vigília e o sono. Essa modulação decorre dos efeitos das divisões do sistema nervoso autônomo (SNA) que, entre outros, pode acelerar a corrente marcapasso através da divisão simpática ou retardá-la, por intermédio da divisão parassimpática.

O caráter abstrato dos potenciais elétricos cardíacos e o volume de detalhes para a compreensão do automatismo da contração cardíaca somam-se ao desânimo e desinteresse que apresentam cada vez mais estudantes universitários frente ao processo ensino-aprendizagem, resultando em baixo desempenho. Embora, na avaliação dos estudantes de ensino superior (GUIMARÃES & SARAVALI, 2006), e até na de crianças e adolescentes (SARAVALI et al., 2013), a não aprendizagem sempre ocorre por falta de atenção, motivação e organização dos próprios alunos, cabe ao educador “reforçar a capacidade crítica do educando, sua curiosidade” (FREIRE, 2011, p. 28).

Nesse sentido, o Programa de Monitoria Integrada da Disciplina de Fisiologia do Departamento de Fisiologia e Patologia (DFP) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) vem buscando alternativas, ou mesmo invenções, que traduzam conteúdos mais complexos do ensino da fisiologia em recursos complementares de estudo, denominadas de maquetes. Especificamente, nesse caso, as maquetes representariam fisicamente os potenciais elétricos envolvidos no automatismo cardíaco. Constituindo-se num objeto de estudo supervisionado, a partir da intervenção de monitores e professores durante sua utilização (ou aplicação), as maquetes teriam a função de incitar a interação lúdica do estudante com este material “físico” que, por sua vez, estaria ligado ao conceito abstrato. Esse engajamento poderia gerar uma janela para o diálogo na construção do conhecimento e um caminho para reavivar a curiosidade latente dos estudantes.

Conforme outras estratégias alternativas demonstraram (ALVES et al., 2011; FRANKLIN et al., 2015; LIMA, MOREIRA & CASTRO, 2014; LARA et al., 2014), quando o aluno é convocado à posição de responsável por sua aprendizagem, sempre há maior envolvimento e, conseqüentemente, melhor rendimento. Dentro deste raciocínio, partimos da hipótese de que o estímulo para o uso da maquete, como ferramenta complementar de estudo, propiciaria maior interesse e envolvimento dos estudantes com o

conteúdo a ser apreendido e, com isso, melhor desempenho em testes de conhecimento do tema.

### **Objetivo Geral**

Investigar a contribuição do uso de recursos complementares para a aprendizagem dos potenciais elétricos cardíacos na disciplina de fisiologia.

### **Objetivos Específicos**

Planejar e desenvolver os recursos a serem utilizados, denominados de maquetes;

Elaborar e implementar a estratégia de aplicação das maquetes;

Avaliar a contribuição da utilização das maquetes como ferramenta de estudo para a aprendizagem do assunto potenciais elétricos cardíacos.

### **Método**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Monitoria de Fisiologia Humana, do DFP/CCS/UFPB, tendo este sido contemplado com bolsas de monitoria em recorrentes edições dos Editais Institucionais. Diferentes monitores participaram do processo de planejamento, elaboração, aplicação e coleta dos dados dos recursos já desenvolvidos nesse Programa, sob a orientação de três Professoras e do Técnico do Laboratório de Fisiologia, todos lotados no DFP/CCS/UFPB. O Programa também contempla a iniciação à docência supervisionada, através da participação dos monitores em aulas práticas.

#### *Desenvolvimento das maquetes*

A definição das maquetes buscou garantir o princípio de interatividade e ludicidade, além de permitir sua confecção artesanal e com materiais reciclados ou de baixo custo. Nesse sentido, foram construídas três maquetes. Uma representando a CMP+PCA; outra, representando o PCC; a terceira representando o SNA atuando sobre as CMP+PCA (SNA→CMP+PCA). Nas duas primeiras, definiu-se que o objetivo a ser

trabalhado seria a ordem de ocorrência das fases dos potenciais de ação. Assim, essas maquetes seriam uma representação gráfica desses eventos e o aluno deveria ser desafiado a identificar as fases, em que ordem elas ocorriam e quais os íons envolvidos. Na terceira, o objetivo foi conduzir os alunos a perceber a modificação da CMP através da modulação do SNA. Para tanto, foi planejado um mecanismo de encaixe representando a CMP+PCA. Entretanto, nas diferentes posições de encaixe, o PCA permanecia inalterado, enquanto a CMP se modificaria. Ao final, comparando os diferentes encaixes, o aluno visualizaria a diferença e poderia alcançar o objetivo proposto pela maquete.

O gráfico da CMP+PCA e do PCC foram “desenhados” em velcro, costurados em telas de tecido de algodão (40x40 e 50x50 cm, respectivamente) cobertas com feltro, formando um molde do gráfico com a base do velcro (de cor preta). O encaixe do velcro foi então cortado em pedaços representando as fases dos potenciais. Cada fase foi caracterizada por uma fita de cetim, colada ao velcro, na cor correspondente do íon envolvido. Além das fases, os eventos que davam início ou fim a elas, respectivamente abertura e fechamento de canais iônicos, foram representados por botões coloridos (na cor do íon envolvido) costurados no velcro, para serem encaixados nos pontos específicos corretos do gráfico (Figura 1).

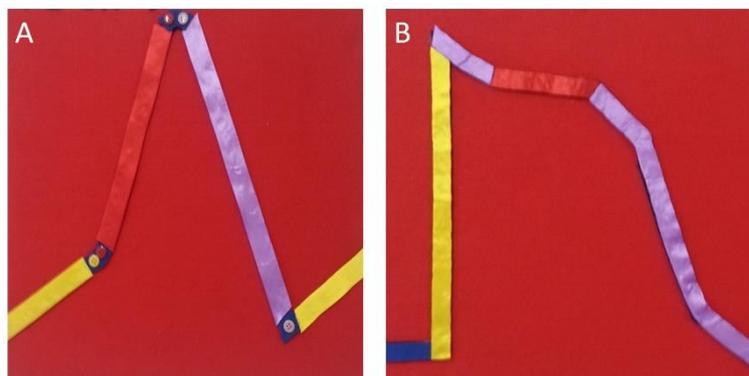


Figura 1 – Maquetes dos potenciais elétricos do miocárdio. Em A, a corrente de marcapasso e o potencial de ação da célula auto excitável (CMP+PCA). Em B, o potencial de ação da célula contrátil (PCC) (mais detalhes no texto). Fonte: dos autores

Para a maquete CMP+PCA, as fases e os eventos, na sua ordem, conforme sua representatividade foram: a abertura dos canais iônicos engraçados (botão amarelo), a corrente de entrada do íon sódio dentro da membrana (cetim amarelo) – a CMP propriamente dita, o fechamento dos canais engraçados (botão amarelo), a abertura dos

canais para entrada de cálcio na célula (botão vermelho) e a corrente representando o movimento desse íon (cetim vermelho) – fase de despolarização do PCA, o fechamento dos canais de cálcio (botão vermelho), a abertura dos canais para o íon potássio (botão lilás), a corrente de saída de potássio da célula (cetim lilás) – fase de repolarização do PCA, o fechamento dos canais para potássio (botão lilás), a abertura dos canais iônicos engraçados (botão amarelo) – dando início a um novo PMP, a corrente de entrada do íon sódio dentro da membrana (cetim amarelo) (Figura 1A).

Para a maquete do PCC, as fases e os eventos, na sua ordem, conforme sua representatividade foram: a abertura dos canais iônicos para o íon sódio (botão amarelo), a corrente de entrada do íon sódio dentro da membrana (cetim amarelo) – fase de despolarização do PCC, o fechamento dos canais de sódio (botão amarelo), a abertura dos canais para o íon potássio (botão lilás), a corrente inicial de saída de potássio da célula (cetim lilás) – fase de repolarização inicial do PCC, a abertura dos canais para entrada de cálcio na célula (botão vermelho) e a corrente representando o movimento desse íon (cetim vermelho) – fase do platô na repolarização do PCC, o fechamento dos canais de cálcio (botão vermelho), a corrente final de saída de potássio da célula (cetim lilás) – fase de repolarização tardia do PCC, o fechamento dos canais para potássio (botão lilás) – a finalização do PCC (Figura 1B).

Na maquete SNA→CMP+PCA foi montada em uma prancha de madeira revestida (MDP BP) com dimensão de 60x40 cm. O formato do gráfico do PCA foi moldado em arame coberto com fitilho colorido. Foram feitos três conjuntos de dois moldes de PCA, unidos por um elástico, este representando a CMP. Na prancha foram afixados parafusos de tal modo a encaixar dois moldes de PCA, lado a lado, na horizontal. Os encaixes para os três conjuntos foram colocados um abaixo do outro (formando três linhas de encaixes). Para que a modulação do SNA fosse possível ser evidenciada, a distância dos encaixes entre dois moldes de um mesmo conjunto variou entre os conjuntos: distância mais curta (6 cm) – representando a taquicardia, distância mediana (12 cm) – representando a normocardia – e mais longa (17 cm) – representando a bradicardia. Uma vez que todos os moldes estavam encaixados em suas respectivas posições, era possível observar que o estiramento do elástico (representando o CMP), ligando os dois moldes em cada conjunto, também se modificava, mas o PCA mantinha-se na mesma estrutura. Ao lado de cada conjunto de moldes, também foi colocado um espaço para a nomeação dos efeitos em cada

situação (normocardia, taquicardia e bradicardia) e o quanto cada divisão do SNA estava ativada naquele contexto (Figura 2).

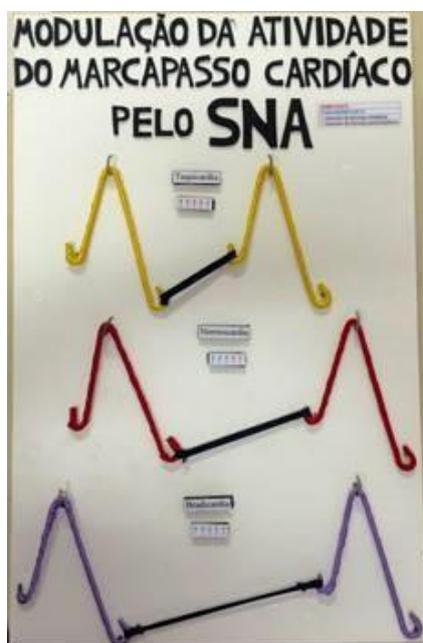


Figura 2 – Maquete representando a modulação do SNA sobre a corrente de marcapasso, associada ao potencial de ação da célula contrátil (SNA → CMP+PCA) (mais detalhe no texto). Fonte: dos autores

### *Aplicação das maquetes*

As maquetes foram utilizadas no semestre 2015.2 com as turmas de fisiologia humana dos cursos de Educação Física, Fonoaudiologia, Nutrição, Farmácia, Terapia Ocupacional e Psicologia, totalizando 119 alunos (Tabela 1). Uma aula teórica sobre o tema foi ministrada em cada curso por três diferentes professoras (Tabela 1). Ao final da aula, cada professora solicitava que os alunos respondessem a um teste contendo oito perguntas com resposta em múltipla escolha sobre o tema (Quadro 1). Em seguida, os alunos eram incentivados a procurar a monitoria da disciplina, no laboratório de fisiologia, individualmente ou em pequenos grupos (máximo de 6 alunos por vez; na turma de psicologia, os grupos foram de oito alunos), para estudar o tema utilizando as maquetes.

Quando os alunos chegavam ao laboratório, o monitor organizava pequenos grupos para cada uma das três maquetes. Nas maquetes CMP+PCA e PCC, para que o

aluno fosse desafiado a identificar as etapas e os eventos e a ordem de ocorrência deles, foram usadas duas estratégias. Os moldes dos potenciais eram apresentados sem os encaixes que representavam as etapas e os eventos. Esses encaixes foram relacionados em uma lista por ordem alfabética, em um suporte separado da tela com o desenho do gráfico. Os alunos eram então convidados a indicar qual o primeiro evento, encaixá-lo no molde e, sucessivamente as demais etapas. Ou então, a maquete era apresentada com todos os encaixes (montada) e os alunos eram convidados para, na ordem, nomear (com a ajuda da lista em ordem alfabética) quais eram as etapas e os eventos, removendo o velcro e encaixando-os no suporte ao lado.

Para a maquete SNA→CMP+PCA, os alunos encontravam um conjunto encaixado na prancha (o que representava a normocardia) e eram convidados a encaixar os dois outros conjuntos. A seguir, deveriam atribuir as denominações dos fenômenos e a participação das divisões do SNA para cada um dos conjuntos. Finalmente, o monitor questionava se os alunos eram capazes de indicar qual a principal diferença entre os conjuntos. Os alunos podiam repetir tantas vezes desejassem a atividade na mesma maquete. Todos os alunos passaram pelas três maquetes e, ao final, eram convidados a responder a um novo teste (Quadro 1).

Tabela 1 – Total de alunos participantes por gênero e curso

Curso	Gênero		Total	Professora
	Homens	Mulheres		
Educação Física	9	8	17	A
Farmácia	2	5	7	B
Fonoaudiologia	7	24	31	A
Nutrição	8	15	23	B
Psicologia	5	19	24	C
Terapia Ocupacional	4	13	17	C
Total	35	84	119	

Fonte: elaborado pelos autores

## Avaliação

Para avaliar a contribuição da utilização das maquetes para a aprendizagem do assunto, as perguntas em ambos os testes (antes e depois) foram distribuídas de modo a comportar aspectos das três maquetes utilizadas, apresentadas em ordem aleatória. Embora diferentes, as questões nos dois questionários versavam sobre um mesmo aspecto do assunto (Quadro 1).

Quadro 1 – Questões dos testes antes e depois da aplicação das maquetes, conforme o assunto (*entre parêntesis a alternativa correta*)

Assunto*	Teste antes	Teste depois
CMP	Sobre a corrente iônica de marca passo, qual a resposta correta? ( <i>Ocorre com a abertura dos canais de sódio que são dependentes de voltagem</i> ) Qual a característica do canal iônico denominado “engraçado” (Ionic funny If)? ( <i>É um canal principalmente de influxo de sódio</i> )	Sobre a corrente iônica de marca passo, qual a resposta correta? ( <i>Decorre principalmente de uma corrente de sódio que despolariza a membrana lentamente</i> ) Qual a característica do canal iônico denominado “engraçado” (Ionic funny If)? ( <i>É um canal que se abre após a repolarização da membrana da célula auto excitável</i> )
PCA	Qual o evento que dá início ao potencial de ação da membrana da célula auto excitável do miocárdio? ( <i>O alcance do limiar de abertura dos canais de cálcio que são dependentes de voltagem</i> )	Qual o evento que interrompe a fase de despolarização do potencial de membrana da célula auto excitável cardíaca? ( <i>O retorno do canal de cálcio à posição de fechado</i> ) A fase de repolarização do potencial de membrana da célula auto excitável cardíaca decorre da corrente de qual íon? ( <i>Do potássio</i> )
PCC	Que evento interrompe a fase de despolarização do potencial de membrana da célula contrátil cardíaca? ( <i>O fechamento do portão de inativação do canal de sódio</i> ) Qual a corrente iônica que mais contribui para o efeito platô? ( <i>De cálcio</i> ) O termo platô é referente a qual dos eventos abaixo? ( <i>Sustentação da voltagem positiva da membrana da célula contrátil cardíaca</i> )	Qual evento ocorre após a repolarização rápida inicial da membrana da célula contrátil cardíaca? ( <i>A formação de um platô</i> ) A fase de despolarização do potencial de ação da membrana da célula contrátil do miocárdio decorre de qual evento? ( <i>Da brusca entrada de sódio na célula</i> )
SNA	A regulação do ritmo de batimento cardíaco ocorre pela ação do sistema nervoso autônomo sobre: ( <i>O tempo da corrente de entrada de sódio na membrana da célula auto excitável cardíaca</i> )	A noradrenalina atua sobre os canais “engraçados”, acelerando sua abertura, o que produz: ( <i>Taquicardia</i> )
Integração	Qual a ordem mais apropriada dos eventos? ( <i>Corrente iônica de marca passo – potencial de membrana da célula auto excitável cardíaca – Potencial de membrana da célula contrátil cardíaca</i> )	Qual a função da corrente iônica de marca passo? ( <i>Dar início ao potencial de membrana da célula auto excitável cardíaca</i> )

Fonte: elaborado pelos autores

Buscou-se também uma equivalência no grau de dificuldade. Duas questões abordaram a CMP em ambos os testes; uma questão no antes e duas no depois abordaram o PCA; três questões no antes e duas no depois abordaram o PCC; uma questão nos dois testes abordou a integração entre os potenciais e uma abordou os efeitos do SNA (Quadro 1).

Além do desempenho nas questões teóricas, ao final do tema cardiovascular, o estudante foi convidado a avaliar as maquetes em 16 questões através de uma escala intervalar de zero a sete pontos, na qual o zero indicava pouco/nada/ruim enquanto sete representava muito/tudo/ótimo, com liberdade para marcar qualquer ponto ao longo dos extremos. As questões versavam sobre a qualidade e a função das maquetes, além de aspectos da aplicação e sobre o conhecimento dos alunos (Quadro 2).

A qualidade foi investigada através de cinco questões diretas, cuja média dos pontos formou o índice de qualidade. A função foi investigada através de cinco questões diretas, cuja média formou o índice de função. Informou-se aos alunos que a avaliação era livre, participando quem desejasse, e que eles não deviam se identificar no questionário. Para controlar a efetividade da participação dos alunos nessa etapa, utilizamos uma questão reversa diametralmente oposta a uma das questões diretas (questão-chave em negrito x controle no Quadro 2). As pontuações dessas questões deveriam ser diferentes e em oposição, para indicar que o aluno estava respondendo o questionário de modo correto. Caso contrário, seus dados seriam desconsiderados na análise.

### *Análise dos dados*

Para cada participante, foi analisado o desempenho nos testes, obtendo-se o percentual de acertos antes e depois da aplicação das maquetes. Os conjuntos dos dados foram submetidos a uma ANOVA 2 x 6 (gênero e curso), com teste confirmatório de Bonferroni. Em relação aos assuntos, obtivemos o percentual de acertos de todos os alunos de cada curso no teste antes e no teste depois e então submetemos esses dados ao teste T pareado. As respostas a respeito das maquetes foram submetidas a ANOVA de um fator (curso), uma vez que o questionário não foi identificado. Em todos os casos, resultados significativos foram considerados quando o valor de  $p$  foi igual ou menor do que 0,05.

Quadro 2–Questões de avaliação das maquetes, agrupadas por aspecto de avaliação

Qualidade das maquetes
As maquetes ilustraram com efetividade os processos a que se propuseram? O material das maquetes foi de fácil manipulação? Quanto você acha que é preciso estudar antes para usar as maquetes? Você sentiu curiosidade ao ser apresentado às maquetes? <b>Você se divertiu usando as maquetes?</b>  Controle: O quanto você ficou entediado ao utilizar as maquetes?
Função das maquetes
Ao usar a maquete você observou aspectos que não conhecia sobre o assunto? O quanto você acha que as maquetes vão lhe ajudar a lembrar desse assunto no futuro? Você acha que as maquetes devem ser usadas como um recurso pedagógico? <b>As maquetes lhe ajudaram a compreender o assunto?</b>  Controle: O quanto o uso das maquetes confundiu sua compreensão dos assuntos?
Aspectos da aplicação das maquetes e monitoria
A dinâmica do uso das maquetes foi agradável? Os monitores ajudaram na compreensão das maquetes?
Aspectos sobre o conhecimento dos alunos
Como você avalia seu conhecimento sobre o assunto antes do uso das maquetes? Quanto você considera difícil os assuntos tratados nas maquetes? Se não tivesse usado as maquetes, quanto você acha que compreenderia o assunto?

Fonte: elaborado pelos autores

## Resultados

Considerando todos os participantes, o percentual médio de acertos no teste antes das maquetes foi de 40,2% (DP: 18,4); depois da aplicação das maquetes, o acerto médio foi de 65,8% (DP: 17,3). Entretanto, os resultados no teste antes não foram uniformes entre os cursos ( $F_{(5,107)}=4,881$ ;  $p<0,01$ ), enquanto a variação dos dados entre os gêneros e na interação curso e gênero não foi significativa. Esse resultado foi decorrente, principalmente, do melhor desempenho dos estudantes de psicologia em relação aos de educação física, fonoaudiologia e nutrição (Bonferroni:  $p<0,01$ , nos três casos), considerando os dados de homens e mulheres em conjunto (Figura 3).

Já para os resultados depois das maquetes não houve efeito principal dos fatores curso ou gênero, apenas a interação entre eles foi significativa ( $F_{(5,107)}=3,210$ ;  $p=0,01$ ), uma vez que os homens do curso de educação física obtiveram desempenho significativamente melhor do que as mulheres ( $t_{(15)}=2,947$ ;  $p=0,01$ ), enquanto o

desempenho das mulheres do curso de psicologia foi significativamente melhor do que o dos homens ( $t_{(22)}=2,311$ ;  $p=0,03$ ) (Figura 3).

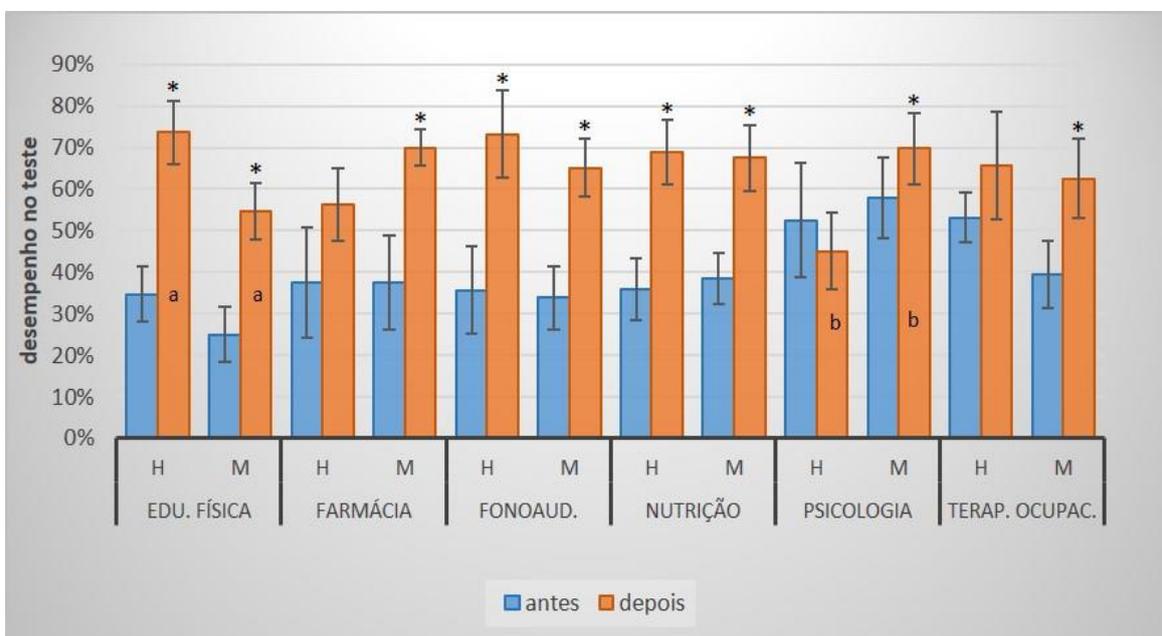


Figura 3 – Percentual de acerto nos testes. As linhas indicam o desvio padrão das médias; \* indica diferença significativa entre antes e depois; a, b indicam diferença significativa entre gênero.

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados coletados

Considerando as variações encontradas, comparamos o desempenho antes e depois da aplicação das maquetes para cada gênero e em cada curso. Homens e mulheres do curso de educação física, fonoaudiologia e nutrição melhoraram significativamente o desempenho depois das maquetes ( $t_{(8)}=4,750$ ;  $p<0,01$ ;  $t_{(7)}=3,637$ ;  $p<0,01$ ;  $t_{(6)}=6,874$ ;  $p<0,01$ ;  $t_{(23)}=6,334$ ;  $p<0,01$ ;  $t_{(7)}=4,200$ ;  $p<0,01$ ;  $t_{(14)}=5,534$ ;  $p<0,01$ , respectivamente). O desempenho também melhorou significativamente para as mulheres dos cursos de farmácia, psicologia e terapia ocupacional ( $t_{(4)}=4,333$ ;  $p=0,01$ ;  $t_{(18)}=2,364$ ;  $p=0,03$ ;  $t_{(12)}=2,94$ ;  $p=0,01$ ). O desempenho dos homens dos cursos de farmácia, de psicologia e terapia ocupacional não se diferenciou do acaso (Figura 3).

Em relação aos assuntos das questões, no conjunto dos estudantes de cada curso, a média do desempenho melhorou significativamente, exceto no tema da corrente de marca passo (CMP) (Figura 4) (PCA:  $t_{(6)}=4,380$ ;  $p<0,01$ ; PCC:  $t_{(6)}=6,096$ ;  $p<0,01$ ; SNA:  $t_{(6)}=6,292$ ;  $p<0,01$ ; Integração:  $t_{(6)}=6,427$ ;  $p<0,01$ ) (Figura 4).

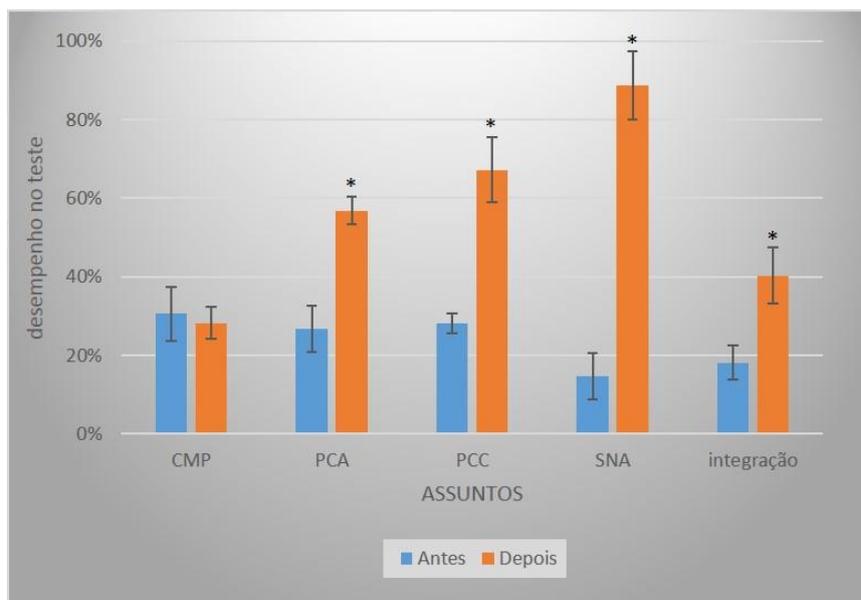


Figura 4: Percentual de acerto nos testes, conforme o assunto. \* indica diferença significativa entre antes e depois. Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados coletados

Em relação a avaliação das maquetes, nem todos os estudantes que fizeram uso delas estavam presentes no momento em que este questionário foi aplicado. Além disso, após as respostas, alguns questionários foram excluídos pelo critério de igualdade de pontuação das questões-chave com as questões controle. Nesse sentido, ao todo foram 95 avaliações, por curso: educação física – 10; farmácia – 5; fonoaudiologia – 30; nutrição – 17; psicologia – 17 e terapia ocupacional – 16, dados que foram submetidos a ANOVA de um fator (curso). As variações nas pontuações nas questões agrupadas como aspectos sobre o conhecimento dos alunos (Quadro 2) não foram significativas. Na escala de máximo sete pontos, os estudantes consideraram que possuíam pouco conhecimento antes da aplicação das maquetes ( $\bar{X}$ : 2,92; DP: 1,72), e que o assunto apresentava dificuldade ( $\bar{X}$ : 4,38; DP: 1,49); consideraram que sem o uso das maquetes, teriam mais dificuldade de aprender o assunto ( $\bar{X}$ : 2,92; 1,42).

Na média, a avaliação dos aspectos de aplicação ( $\bar{X}$ : 5,93; DP: 0,93), da monitoria ( $\bar{X}$ : 5,72; DP: 1,10), do índice de função ( $\bar{X}$ : 5,77; DP: 0,84) e de qualidade ( $\bar{X}$ : 5,36; DP: 0,88) obteve pontuação do último quartil da escala. Contudo, houve variação significativa entre os cursos (ANOVA:  $F_{(5,94)}=3,978$ ;  $p<0,01$ ;  $F_{(5,94)}=5,173$ ;  $p<0,01$ ;  $F_{(5,94)}=5,295$ ;

$p < 0,01$ ;  $F_{(5,94)} = 4,206$ ;  $p < 0,01$ , respectivamente) (Figura 5). Em uma análise global, as avaliações dos estudantes de terapia ocupacional foram melhores do que aquelas dos estudantes de educação física e de psicologia. Mas, considerando a menor média de pontuação (índice de qualidade para o curso de educação física:  $\bar{X}: 4,61$ ;  $DP: 0,94$ ), ainda assim a avaliação foi um ponto e meio acima do ponto médio, dentro do espectro positiva da escala. Comparando o índice de função com o de qualidade em cada curso, os estudantes de farmácia, de fonoaudiologia e de nutrição atribuíram pontuação mais alta para a função do que para a qualidade das maquetes ( $t_{(5)} = 2,621$ ;  $p = 0,05$ ;  $t_{(29)} = 2,296$ ;  $p = 0,03$ ;  $t_{(21)} = 3,201$ ;  $p < 0,01$ , respectivamente) (Figura 5).

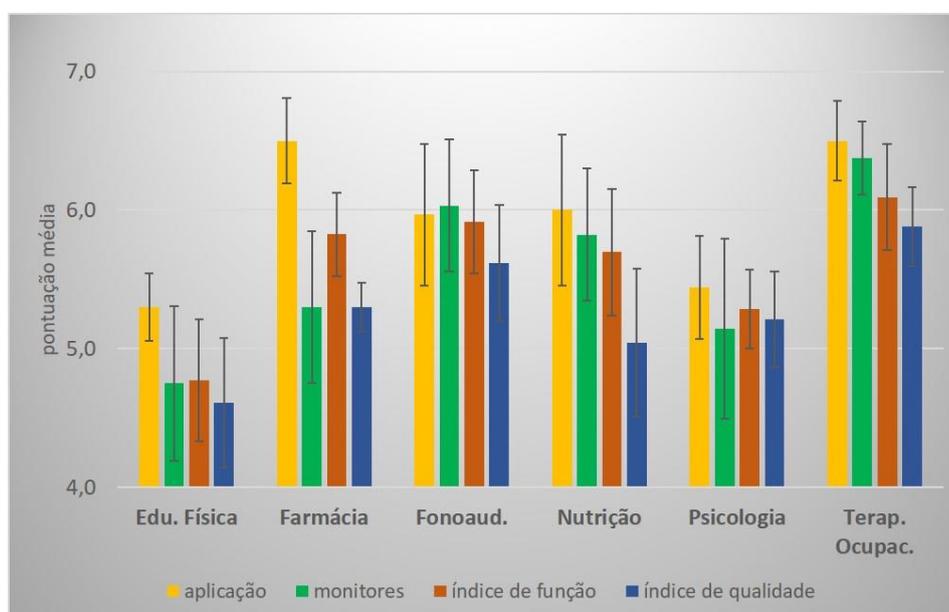


Figura 5: Pontuação média da avaliação das maquetes. As barras indicam o desvio padrão da média. Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados coletados

## Discussão

Os resultados em conjunto revelaram que houve uma melhora significativa no desempenho dos estudantes depois da aplicação das maquetes e, em média, eles atribuíram pontuação elevada no índice de função, sugerindo que as maquetes, utilizadas como recurso complementar, contribuíram para a aprendizagem do tema potenciais elétricos nas turmas de fisiologia. O ensino-aprendizagem de assuntos com muitos detalhes, comum aos temas relativos ao corpo humano (ARAGÃO et al., 2011), representa um grande desafio,

principalmente para grande parte dos docentes do ensino superior da área de saúde, para os quais a formação pedagógica não é exigida (VEIGA, 2014). Mas, afinal, “Não há docência sem discência” e “Ensinar inexistente sem aprender e vice-versa” (FREIRE, 2011, p. 25) e, por isso, independente de formação, cabe aos docentes enfrentar os desafios.

Esse desafio tem sido enfrentado por vários caminhos. Lima e colaboradores (2014) realizaram um levantamento bibliográfico a respeito de práticas alternativas no ensino da fisiologia humana e identificaram que a construção de mapas conceituais e os seminários foram métodos que promoveram maior resultado na mobilização dos estudantes e na retenção dos conhecimentos. Outros estudos indicam que a metodologia de ambientes de aprendizagem mesclados, resulta em melhoria de notas e na retenção do conhecimento (ALVES et al., 2011; LARA et al., 2014).

Independente do ambiente ou da estratégia, o maior rendimento na educação está relacionado à motivação (FREIRE, 2011; KELLER, 2008). E este foi o mecanismo que apostamos para desencadear os resultados que obtivemos. Os estudantes foram incentivados a procurar a monitoria para a aplicação das maquetes, mas não havia obrigatoriedade. Por isso, de certa maneira, aqueles que participaram desse estudo já demonstraram alguma responsabilização pela construção do seu próprio conhecimento (ALVES et al., 2011; FRANKLIN et al., 2015; LARA et al., 2014; LIMA et al., 2014).

A melhora do desempenho, na comparação de cada curso, entre antes e depois da aplicação das maquetes, é estimulante para a continuidade deste projeto e para o desenvolvimento de novas estratégias. Principalmente porque os resultados depois das maquetes não variaram em relação ao curso. Ou seja, na média, após o uso das maquetes, todos os participantes alcançaram um patamar semelhante em relação à aprendizagem do tema. No teste realizado antes do uso das maquetes, somente com a aula teórica, os estudantes de psicologia se saíram melhor do que os demais. Uma explicação possível para esse melhor desempenho pode ser uma diferença de conhecimento básico pré-existente desses alunos.

Considerando a seleção dos estudantes para os referidos cursos participantes, no contexto da concorrência do sistema de seleção unificada para as universidades, o curso de psicologia é um dos mais disputados, elevando a exigência mínima para o ingresso, comparativamente, formando um grupo com nível básico mais elevado, o que poderia ter favorecido o desempenho deles no teste antes. Essa hipótese não exclui a influência de

outras variáveis, entre elas a variação de linguagem, didática ou outro aspecto na transmissão da aula teórica, uma vez que essa aula foi ministrada por diferentes professoras; ou diferenças na interação durante a aplicação das maquetes, em virtude do auxílio de diferentes monitores. Se havia uma diferença de nível básico entre os cursos realmente, poderíamos considerar que a melhora homogênea ocorreu porque estudantes com baixo rendimento poderiam se beneficiar ainda mais com as práticas pedagógicas alternativas (FRANKLIN et al., 2015).

Entretanto, a hipótese de melhor nível básico também nos levaria a esperar desempenho ainda melhor desses estudantes no teste depois das maquetes, o que não ocorreu uma vez que os homens da psicologia apresentaram um desempenho significativamente inferior ao das mulheres no teste depois, desempenho equivalente ao que obtiveram antes das maquetes. Recuperando informações qualitativas da aplicação das maquetes, o curso de psicologia foi diferente dos demais cursos porque os grupos de estudo foram maiores. Duas hipóteses podem emergir desse contexto: alguns estudantes podem não ter entrado em contato eles mesmos com as maquetes, tendo sido apenas observadores da ação de outros, ou a presença de muitos estudantes pode ter gerado confusão, distração e perda do foco, reduzindo o potencial de auxílio do recurso na compreensão do fenômeno. Contudo, essas hipóteses não explicam o porquê de as mulheres do mesmo curso não terem sido afetadas. Ainda que inconclusivo, esse resultado aponta na direção de que quanto menor o tamanho do grupo, melhor poderá ser o aproveitamento e o alcance dos objetivos com esse recurso complementar.

Em relação aos assuntos abordados nas maquetes, observamos que apenas para a corrente de marcapasso não houve melhora do desempenho. Pela experiência em sala de aula, verifica-se que esse assunto apresenta maior dificuldade de compreensão. Esse fenômeno é também denominado de potencial de marca passo (MALAQUIAS & ALBUQUERQUE, 2014; SILVERTHORN, 2010), mas se constitui em uma única fase ou apenas uma corrente de influxo principalmente de sódio, por isso optamos por seguir o termo corrente de marca passo (AYRES, 2012, p. 404). Além disso, a CMP dá origem ao PCA, ou seja, forma uma unidade com ele, dificultando ainda mais sua individualização.

Na avaliação das maquetes, identificamos que os estudantes indicaram que possuíam pouco conhecimento diante de um assunto com complexidade e, dentro desse contexto, apontaram que sem o uso das maquetes teriam mais dificuldade em aprender o

assunto. As maquetes podem ter fornecido um elemento concreto mais acessível à percepção de que a complexidade do assunto poderia ser superada.

Eagleton (2015) considera que a efetividade da aprendizagem depende da percepção do estudante de que o assunto seria passível de aprender. Além disso, indica que o suporte da comunidade de aprendizagem, ou seja, a colaboração com outros estudantes (onde o aprendente e o facilitador se misturam) e a participação do monitor podem proporcionar ao aluno avançar mais do que o faria sozinho (EAGLETON, 2015). Isto foi evidenciado por Lara e colaboradores (2014) que utilizaram a metodologia de construção de objetos de aprendizagem na área de fisiologia humana, especificamente vídeos; a construção foi realizada entre alunos e monitores da disciplina e os autores concluíram que a atividade promoveu maior envolvimento e interesse dos alunos, e maior busca por leituras complementares, voluntariamente. Acreditamos que a aplicação das maquetes seguiu essa lógica, o que parece ter sido percebido pelos estudantes ao realizarem uma boa avaliação para os aspectos de aplicação, dos monitores e do índice de função.

Embora o índice de qualidade das maquetes, na média dos cursos, tenha sido pontuado no espectro positivo da escala, acima do ponto médio, chamou atenção que esse índice foi pontuado em nível mais baixo do que o índice de função. Isso retratou bastante a realidade pois, construídas artesanalmente, as recorrentes utilizações produziram alguns desgastes nos materiais – nas maquetes CMP+PCA e PCC alguns botões descosturaram e o cetim esgarçou; os fitilhos da maquete SNA→CMP+PCA se soltaram e os parafusos de encaixe ficaram folgados, entre outros. Ainda assim, conseguiu ganhar a atenção, construir a curiosidade e sustentar o engajamento nas atividades de aprendizagem (KELLER, 2008).

Apesar das análises acima sugerirem a efetividade do uso das maquetes como recurso de aprendizagem, não descartamos que o resultado da melhoria do desempenho pode ter decorrido de múltiplos fatores, muitos deles não controlados nesta pesquisa. Por exemplo, a simples repetição do diálogo sobre tema, independentemente de usar ou não as maquetes, poderia induzir melhoria de desempenho. Também, houve uma tentativa de equalizar o tipo da questão e sua dificuldade entre os testes (ver Tabela 3), mas os questionários foram utilizados de modo fixo. Desse modo, o acerto ou o erro pode ter decorrido da dificuldade da questão em si, seja no teste antes ou no depois. Esses aspectos podem ser controlados em pesquisas futuras, através de grupos controles e do balanceamento no uso dos testes.

Contudo, somente o fato de 119 estudantes terem se propostos a participar voluntariamente e ido ao laboratório para utilizar as maquetes, com o auxílio dos monitores, nos estimula a apostar nesses recursos, considerando que o apelo lúdico deles nos permite chamar a atenção para um determinado assunto que pode ser transportado para o campo da realidade (COSCRATO, PINA & MELLO, 2010) e, desse modo, permitir a transmissão de conceitos mais abstratos e complexos.

Diante do contexto educacional atual, o docente tem sido desafiado a buscar um saber-fazer pedagógico que seja capaz de engajar minimamente os discentes com seu aprendizado, condição fundamental para que ele ocorra (FREIRE, 2011). O desenvolvimento das maquetes, através do Programa de Monitoria, tem sido uma tentativa nesse sentido, com a qual buscamos, paradoxalmente, em uma sociedade altamente “conectada”, “reconectar” os discentes, através do lado lúdico, da interação sensório-motora (física/literal), com sua “...capacitação para a autodeterminação racional, pela formação da razão crítica” (LIBÂNEO, 2001, p.18).

## **Conclusão**

Concluimos que o uso das maquetes contribuiu positivamente para a aprendizagem dos conceitos de potenciais elétricos do miocárdio na disciplina de fisiologia, aditivamente a outros fatores não controlados nesta pesquisa. A participação voluntária e a avaliação positiva dos estudantes sobre esses recursos indicaram que eles apresentam grande potencial para atrair o interesse e, com isso, favorecer o engajamento dos discentes no processo ensino-aprendizagem, o que nos incentiva a continuar esse Projeto e aperfeiçoá-lo.

**Agradecimentos:** Emanuel Araújo, Micaelle Freire, Carmélia Neta, Natan Sousa, Larissa Lins, Jeffrey Nickollas da Silva, Renato Araújo, Eduardo Neves, Ana Luiza dos Santos (Bolsistas e Voluntários de Iniciação à Docência da Disciplina de Fisiologia Humana)

## Referências

AIRES, M.M. **Fisiologia**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

ALVES, N.; MENEZES, J.; BARROS, W.; BORGES, S. e MELLO-CARPES, P.B. práticas inovadoras no processo ensino-aprendizagem de fisiologia humana. **Rev. Contexto & Saúde**, v. 10, n. 20, jan-jun/2010. <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/viewFile/1779/1480>

ARAGÃO, R.M.R.; FIGUEIREDO, P.M.S. e BOMFIM, M.RQ. Práticas de ensino epistemologicamente diferenciadas sobre a aprendizagem do corpo humano. **AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 8, n. 15, p. 61-74, jul. 2011/dez. 2011. <http://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/download/1689/2097>

COSCRATO, G.; PINA, J.C. e MELLO, D.F. Utilização de atividades lúdicas na educação em saúde: uma revisão integrativa da literatura. **Acta Paul. Enferm.**; v. 23, n. 2, p. 257-63, 2010.

EAGLETON, S. Anexplorationofthefactorsthatcontributetolearningsatisfactionoffirst-yearanatomyandphysiologystudents. **Adv. Physiol. Educ.**, v. 39, p. 158–166, 2015. [http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/2945/art\\_COSCRATO\\_Utilizacao\\_de\\_atividades\\_ludicas\\_na\\_educacao\\_em\\_2010.pdf?sequence=1](http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/2945/art_COSCRATO_Utilizacao_de_atividades_ludicas_na_educacao_em_2010.pdf?sequence=1)

FRANCO, M.A.S. Pedagogia da Pesquisa-Ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, set./dez. 2005. <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3>

FRANKLIN, B.M.; XIANG, L.; COLLETT, J.A.; RHOADS, M,K, e OSBORN, J.L. Open problem-basedinstructionimpactsunderstandingofphysiologicalconcepts differently in undergraduatestudents. **Adv. Physiol. Educ.**, v. 39, p. 327–334, 2015. <http://advan.physiology.org/content/39/4/327.full>

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GUIMARÃES, K.P. e SARAVALI, E.G. Concepções de alunos do curso de psicopedagogia a respeito das dificuldades de aprendizagem. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v.8, n.1, p. 192-210, dez. 2006. <http://ojs.fe.unicamp.br/ged/index.php/etd/article/download/2142/1951>

Hu PJ, Hui W, Clark TH, Tam KY. Technology-assistedlearningandlearningstyle: a longitudinal fieldexperiment. **IEEE Transact. Sys. Man. Cybern. A: Sys. Hum.**, v. 37 p. 1099–1112, 2007.

KELLER, J.M. Firstprinciplesofmotivationtolearnand e3-learning. **DistanceEducation**, vl. 29, n. 2, p. 175–185, August 2008.

LARA, M.V.; BORGES, S.; WELTER, M. e MELLO-CARPES, P.B. Objetos de aprendizagem como coadjuvantes do processo de ensino aprendizagem de Fisiologia

humana. **Rev. Ensino de Bioquímica**, v. 12, n.1, jan-jul/2014. <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/download/273/266>

LIBÂNEO, J.C. Pedagogia e pedagogos: inquietações e buscas. **Educar**, n. 17, p. 153-176, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/er/n17/n17a12.pdf>

LIMA, L.F.; MOREIRA, O.C. e CASTRO, E.F. Novos olhares sobre o ensino da fisiologia humana e da fisiologia do exercício. **Rev. Bras. Prescrição e Fisiologia do Exercício**, Edição Suplementar 2, São Paulo, v.8, n.47, p. 507-513, 2014. <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/viewFile/686/620>

MALAQUIAS, A.P.Q.; ALBUQUERQUE, F.S. **Fisiologia Humana**: o essencial em destaque. Curitiba: Appris, 2014.

MIRANDA, M.G. e RESENDE, A.C.A. Sobre a pesquisa-ação na educação e as armadilhas do praticismo. **Rev. Brasileira de Educação**, v. 11, n. 33 set./dez. 2006. <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v11n33/a11v1133.pdf>

SARAVALI, E.G.; GUIMARÃES, T.; GUIMARÃES, K.P. e MELCHIORI, A.P. Crenças envolvendo o não aprender: um estudo evolutivo sobre a construção do conhecimento social. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v.29, n.03, p.143-176, set. 2013. [http://www.scielo.br/pdf/edur/2013nahead/aop\\_259.pdf](http://www.scielo.br/pdf/edur/2013nahead/aop_259.pdf)

SARAVALI, E. G. Dificuldades de aprendizagem no ensino superior: reflexões a partir da perspectiva piagetiana. **ETD – Educação Temática Digital**, Campinas, v.6, n.2, p.99-127, jun. 2005. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4856174.pdf>

SILVERTHORN, D.U. **Fisiologia Humana**: uma abordagem integrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

VEIGA, I.P.A.; Formação de professores para a Educação Superior e a diversidade da docência. **Rev. Diálogo Educacional**, v. 14, p. 327-342, 2014. [http://www2.pucpr.br/reol/index.php/dialogo?dd1=12749&dd2=6729&dd3=pt\\_BR&dd99=pdf](http://www2.pucpr.br/reol/index.php/dialogo?dd1=12749&dd2=6729&dd3=pt_BR&dd99=pdf)