

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: FISILOGIA

Amanda Dalla'cort Chaves

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS COMO
ESTRATÉGIA DE ENSINO EM FISILOGIA HUMANA**

Porto Alegre

2020

Amanda Dalla'cort Chaves

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS COMO
ESTRATÉGIA DE ENSINO EM FISIOLOGIA HUMANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Fisiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre.

Orientadora: Dra. Pâmela Billig Mello-Carpes
Coorientador: Dr. Cláudio Felipe Kolling da Rocha

Porto Alegre

2020

Amanda Dalla'cort Chaves

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS COMO
ESTRATÉGIA DE ENSINO EM FISIOLOGIA HUMANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas:
Fisiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para
a obtenção do grau de mestre.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Anapaula Sommer Vinagre - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Fernanda Klein Marcondes - Universidade Estadual de Campinas

Lucila Gutierrez - Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Pâmela Billig Mello-Carpes - Universidade Federal do Pampa

Dedico essa dissertação aos meus pais, Elenice e Gildo Chaves, que cruzaram 510km para estar comigo nessa jornada e sempre me motivaram a correr atrás do meu propósito.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Pâmela Mello-Carpes por acreditar no meu trabalho e aceitar orientá-lo mesmo à distância. Apesar da pouca convivência que tivemos, sempre foi presente em me orientar e me ajudou em tudo o que precisei. Me sinto lisonjeada em ter como orientadora alguém que admiro muito pelo trabalho como cientista, pelo engajamento em causas sociais e pela pessoa que é.

Ao meu coorientador Cláudio da Rocha por confiar no meu trabalho a 5 anos, por ter me motivado a seguir caminho na fisiologia e na educação. Ainda, não poderia deixar de agradecer pelas conversas, pelos conselhos e pelas vezes que ouviu meus desabaços e me acalmou. Sou eternamente grata por ter encontrado um profissional, amigo e, agora sócio, como você ao longo do caminho.

A Universidade Feevale, por ter sido e ainda ser meu lar, meu ambiente de pesquisa e fonte de muitos amigos que me motivaram a realizar esse trabalho.

A professora Marta Bez, líder do grupo de computação aplicada, que me mostrou o caminho da pesquisa em educação e despertou em mim a paixão pela tecnologia. Nunca vou conseguir colocar em palavras o quanto eu sou agradecida por tudo o que tu és para mim e para todos. És uma inspiração em todas as esferas da vida, além de ser a segunda mãe que encontrei aqui no Rio Grande do Sul.

Agradeço a todos os alunos do antigo grupo de pesquisa do Laboratório de Fisiologia e Biofísica, vocês são diferenciados e me fizeram ver o quanto a ciência conta com jovens pesquisadores brilhantes. Espero que vocês tenham as motivações e as oportunidades necessárias para continuarem fazendo ciência! Em especial, gostaria de agradecer a todos que participaram dos estudos piloto da minha pesquisa e que ajudaram no desenvolvimento do tabuleiro: Jáderson Rosa, Lucas Gazzani, Renan Colório, Daniela Pigozzo, João Miguel Dutra, Louise Perini e Jaqueline Rhoden.

Agradeço também ao Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Unipampa por toda a ajuda e acolhimento. Vocês foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Especialmente, agradeço ao Guilherme Carrazoni e a Helen Schimidt por terem sido meus guias em Uruguaiana e terem me mostrado toda a redondeza.

No decorrer dessa trajetória foram muitos os desafios, principalmente devido a situação atual da pesquisa e educação no Brasil. O projeto de ensino foi cortado e ressurgimos como projeto de pesquisa. Ainda, mesmo o projeto de pesquisa sendo um sucesso (devido ao número de alunos, publicações e desenvolvimento de recursos educacionais), ele também foi descontinuado. Após um luto prolongado, Cláudio da Rocha, Lucas Gazzani, Jáderson Rosa e eu, decidimos tentar trilhar um caminho como startup. Então, agora como sócios, agradeço vocês pela confiança e por enfrentarem todos os desafios comigo. Como já falamos, nenhum de nós estaria trilhando esse caminho sozinho, pois muitas são as dificuldades. Encontramos em nós quatro uma sinergia e uma complementariedade incrível. Obrigada por tudo. Também não poderia deixar de agradecer ao Feevale Techpark por ter nos ajudado a amadurecer como negócio ao longo de toda a pré-incubação e por ter selecionado a IN.GENIUS para a incubação.

Agradeço aos meus amigos de sempre Daniela Pigozzo, Danielle Furusho e João Miguel Dutra, por me aturarem mesmo nos meus piores humores, por me alertarem mesmo quando eu não ouço e por comprarem as brigas comigo.

Agradeço também aos meus amigos do mestrado Marjoriane Amaral, Leonardo Simões, Isadora Tassinari, Eduardo Echer e Marina Brião pelo surto coletivo seguido de apoio mútuo durante o “cadeirão”. Muito obrigada por todos os momentos, por todos os “rolês” épicos, por todas as conversas, por todas as risadas... enfim, vocês tornaram tudo mais leve e divertido. Saibam que podem contar comigo sempre.

A minha mãe, Elenice Chaves e ao meu pai, Gildo Chaves, por compartilharem todas as conquistas, por serem meu porto seguro e por me darem tudo o que eu precisei para continuar seguindo meu caminho e correndo atrás dos meus sonhos. Sou privilegiada em tê-los e tenho orgulho de ser um pedacinho de vocês. A Emma, por me transmitir todo amor, carinho e calma.

A todos os alunos que aceitaram participar desta pesquisa.

A todos os professores do PPG fisiologia pelos ensinamentos e a todos os funcionários pelo trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado, auxílio essencial para todo o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, ao pensar na situação atual da pesquisa no Brasil, me vem a memória uma citação do meu filme favorito, *O Fabuloso Destino de Amélie Poulain* “São tempos difíceis para os sonhadores”. Mesmo em tempo difíceis, gostaria de agradecer a todos os pesquisadores e pesquisadoras que resistem! Torço por um cenário mais favorável para que possamos continuar fazendo nossos trabalhos com excelência, em prol da sociedade.

“A aprendizagem, embora dependa de substratos físicos estruturados caracteriza-se pelo processo de contínua inovação, maleável por natureza, flexível e dinâmico”.

Pedro Demo

RESUMO

A metodologia de ensino aplicada em sala de aula é tão importante quanto o conteúdo a ser ministrado pelo professor, e pode ser responsável por facilitar ou dificultar o aprendizado efetivo. Assim, há uma procura por inovação na área didático-pedagógica, considerando metodologias que engajem ativamente o aluno, além de contribuir para seu aprendizado. Por isso, o objetivo desse estudo foi desenvolver e validar dois recursos educacionais para o ensino de fisiologia e validá-los em duas universidades, sendo uma pública (Universidade Federal do Pampa - Unipampa) e uma particular (Universidade Feevale). O assunto elencado para o desenvolvimento dos recursos foi transmissão sináptica (TS). Esta pesquisa foi dividida em dois estudos: o estudo 1 – jogo de tabuleiro, denominado “tabuleiro sináptico” (JTS); e o estudo 2 – modelos 3D de sinapse, denominado “quebra-cabeças 3D de sinapse” (qc3Ds). Em cada estudo os grupos experimentais foram classificados da seguinte forma: (i) grupo controle (GC), cujos alunos participaram somente da aula teórica tradicional; e, (ii) grupo teste (grupo jogo – GJ ou grupo 3D – G3D), cujos alunos participaram da aula teórica tradicional, no caso da Unipampa e assistiram videoaulas sobre o conteúdo, no caso da Universidade Feevale, e, adicionalmente, participaram de atividades envolvendo as metodologias de jogo ou modelo 3D. Os métodos de avaliação incluíram testes para a avaliação de conhecimentos (pré-teste, pós-teste imediato e tardio) e uma avaliação acerca da percepção dos alunos sobre as contribuições do uso de metodologias de ensino-aprendizagem. No estudo 1 – JTS, foram incluídos 75 alunos dos cursos de Enfermagem e Fisioterapia da Unipampa matriculados na disciplina de Fisiologia Humana I. Em ambos os grupos houve melhora dos índices de acertos: no grupo controle no pós-teste tardio em relação ao pré-teste ($p < 0,0001$), e em relação ao pós-teste imediato ($p < 0,0001$); já no GJ houve diferença entre o pré-teste e o pós-teste imediato ($p = 0,016$) e entre o pré-teste e o pós-teste tardio ($p = 0,016$). Entre os grupos, houve diferença somente no pós-teste imediato ($p = 0,038$). Ainda, todos os estudantes do GJ da Unipampa consideram que o JTS contribui para o entendimento e aprendizado do conteúdo de TS. Além disso, 65% também considera que o JTS colaborou com seu desempenho em outras disciplinas. No estudo 2 – qc3Ds, foram incluídos 123 alunos da Universidade Feevale (Enfermagem, Fisioterapia, Biomedicina, Quiropraxia e Farmácia), e 67 alunos da Unipampa (Enfermagem e Fisioterapia). Na Feevale o grupo controle melhorou seus índices de acertos no pós-teste imediato ($p < 0,0001$) e no pós-teste tardio ($p < 0,0001$), em comparação ao pré-teste. Da mesma forma o G3D melhorou seus índices de acertos em comparação no pós-teste imediato ($p < 0,0001$) e no tardio ($p < 0,0001$). No G3D houve ainda melhora do índice de acertos no pós-teste tardio em comparação ao pós-teste imediato (D) ($p = 0,001$). Na Unipampa houve melhoria no desempenho do GC no pós-teste tardio em comparação ao pré-teste ($p < 0,0001$) e ao pós-teste imediato ($p < 0,0001$). Já no G3D houve melhora no desempenho no pós-teste imediato ($p = 0,029$) e no pós-teste tardio ($p < 0,0001$). Adicionalmente, mais de 09% dos alunos de ambas as universidades acreditam que o qc3Ds colaborou para a compreensão do conteúdo. Este conjunto de resultados nos permite afirmar que o uso do JTS melhora o desempenho dos alunos no pós-teste imediato, e o mesmo pode ocorrer com o uso do qc3Ds, dando suporte a aplicação destes recursos em sala de aula. Além disso, os alunos consideram o uso de ambos os recursos educacionais extremamente positivo para a compreensão do conteúdo.

Palavras-chaves: Fisiologia, Ensino, Transmissão Sináptica, Pesquisa, Educação.

ABSTRACT

The methodology applied in the classroom is as important as the content to be taught by the teacher and may be responsible for facilitating or hindering effective learning. Thus, there is a demand for innovation in the didactic-pedagogical area, considering methodologies that actively engage the student, as well as contributing to their learning. Therefore, this study aimed to develop and validate two educational resources for teaching physiology and validate them in two universities, one public (Pampa Federal University - Unipampa) and one private (Feevale University). The topic listed for resource development was synaptic transmission (ST). This research was divided into two studies: study 1 - board game, called "synaptic board" (SBG); and study 2 - 3D synapse models, called "3D synapse puzzles" (3Dsp). In each study the experimental groups were classified as follows: (i) control group (CG), whose students participated only in the traditional theoretical class; and (ii) test group (game group - GG or 3D group - 3DG), whose students participated in the traditional theoretical class, in the case of Unipampa, and watched video lectures about the content, in the case of Feevale University, and additionally participated in activities involving the game methodologies or 3D model. Assessment methods included tests for knowledge assessment (pretest, immediate and late posttest) and an assessment of students' perceptions of the contributions of using teaching-learning methodologies. In study 1 - JTS, 75 students from Unipampa's Nursing and Physiotherapy courses enrolled in the Human Physiology discipline were included. In both groups there was an improvement in the correctness rates: in the control group in the late post-test compared to the pre-test ($p < 0.0001$), and comparing to the immediate posttest ($p < 0.0001$); In GJ, there was a difference between the pretest and the immediate posttest ($p = 0.016$) and between the pretest and the late posttest ($p = 0.016$). Between groups, there was difference only in the immediate posttest ($p = 0.038$). Also, all students from Unipampa GJ consider that JTS contributes to the understanding and learning of TS content. Also, 65% consider that JTS collaborated with its performance in other disciplines. In study 2 - qc3Ds, 123 students from Feevale University (Nursing, Physiotherapy, Biomedicine, Chiropractic and Pharmacy), and 67 Unipampa students (Physiotherapy and Nursing) were included. At Feevale, the control group improved its hit rates in the immediate posttest ($p < 0.0001$) and late posttest ($p < 0.0001$) compared to the pretest. Similarly, G3D improved its hit rates compared in the immediate ($p < 0.0001$) and late ($p < 0.0001$) posttests. In G3D, there was also an improvement in the late post-test correctness rate compared to the immediate post-test (D) ($p = 0.001$). In Unipampa there was an improvement in the performance of the CG in the late posttest compared to the pretest ($p < 0.0001$) and the immediate posttest ($p < 0.0001$). In G3D, there was an improvement in performance in the immediate posttest ($p = 0.029$) and the late posttest ($p < 0.0001$). Additionally, more than 09% of students at both universities believe that qc3Ds contributed to the understanding of the content. This set of results allows us to state that the use of JTS improves student performance in the immediate posttest, and the same can occur with the use of qc3Ds, supporting the application of these resources in the classroom. Besides, students find the use of both educational resources extremely positive for understanding the content.

Keywords: Physiology, Teaching, Synaptic Transmission, Research, Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As relações que constituem o ensino.....	17
Figura 2 – Fatores de influenciaram no aprendizado da disciplina de Fisiologia seguindo Michael (2007).	22
Figura 3 - Desenho experimental.	33
Figura 4 - Fases da DSR aplicadas ao desenvolvimento de REs.	37
Figura 5 – Estrutura do JTS.	40
Figura 6 - Tela do aplicativo desenvolvido para o APP JTS.....	42
Figura 7 – Quebra-cabeças 3D de Sinapses.....	46
Figura 8 – Índice de acertos nos testes de conhecimento aplicados antes e após as atividades.	53
Figura 9 – Índice de chutes dos grupos de alunos que participaram da aula teórica e do jogo.	55
Figura 10 – Avaliação de conhecimentos dos alunos da Universidade Feevale que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes aplicados ao longo do tempo.. ..	62
Figura 11 – Índice de chutes dos alunos da Universidade Feevale que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.	63
Figura 12 – Avaliação de conhecimentos dos alunos da Unipampa que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma aula teórica seguida por uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.....	64
Figura 13 – Índice de chutes dos alunos da Unipampa que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma aula teórica seguida por uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Regras do JTS.	40
Tabela 2 – Lista das peças contidas em um kit do quebra-cabeças 3D de Sinapse.	44
Tabela 3 – Autoavaliação na disciplina e opinião sobre o uso da Aula Teórica.	56
Tabela 4 – Percepção dos estudantes da Unipampa sobre metodologias de ensino.	57
Tabela 5 – Opinião dos estudantes quanto ao JTS.....	57
Tabela 6 – Autoavaliação na disciplina e opinião sobre o uso da Aula Teórica.	67
Tabela 7 Percepção dos estudantes da Universidade Feevale sobre metodologias de ensino.....	68
Tabela 8 – Opinião dos estudantes quanto aos Modelos 3D de Sinapse.	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

3D – Tridimensional

APP – Aplicativo móvel

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

DSR – *Design Science Research*

EEC – Estímulos Emocionalmente Competentes

G3D – Grupo 3D

GC – Grupo controle

GJ – Grupo Jogo

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira

JE – Jogos Educacionais

JT – Jogo de Tabuleiro

JTS – Jogo Tabuleiro Sináptico

TS – Transmissão Sináptica

PLA – ácido polilático

PNG – Plano Nacional da Graduação

qc3Ds – Quebra-cabeças 3D de Sinapse

REs – Recursos Educacionais

SE – Sinapse Elétrica

SQ – Sinapse Química

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

Unipampa – Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 NEUROCIÊNCIA DA APRENDIZAGEM NA PRÁTICA DOCENTE	14
1.2 EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO EM SAÚDE E O PAPEL DO PROFESSOR..	18
1.3 ENSINO DE FISIOLOGIA	20
1.2.1 Ensino da Transmissão Sináptica	23
1.4 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	25
1.4.1 Tecnologia como estratégia para o ensino-aprendizagem ativo	26
1.4.1.1 Jogos Educacionais.....	27
1.4.1.2 Modelos tridimensionais	29
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	31
2.1 OBJETIVOS.....	31
2.1.1 Objetivo geral	31
2.1.2 Objetivos Específicos	31
2.2 HIPÓTESES	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1 DESENHO EXPERIMENTAL	32
3.1.1 Grupos experimentais e metodologias empregadas	32
3.1.2 Instrumentos de avaliação	34
3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	36
3.2.1 Estudo 1 – Jogo “tabuleiro sináptico”	39
3.2.1.1 Desenvolvimento e produção	39
3.2.1.2 Aplicação em Sala de Aula	43
3.2.2 Estudo 2 – Modelos 3D de sinapse.....	44
3.2.2.1 Desenvolvimento e produção	44
3.2.2.2 Aplicação em Sala de Aula	48
3.2.2.2.1 Universidade Feevale	48
3.2.2.2.2 Unipampa.....	49
3.3 ANÁLISE DE DADOS	50
4 RESULTADOS	53
4.1 ESTUDO 1 – JOGO “TABULEIRO SINÁPTICO”	53
4.1.1 Avaliação de conhecimento dos estudantes	53
4.1.2 Avaliação da percepção dos estudantes.....	55
4.1.2.1 Grupo Controle	55

4.1.2.2 Grupo Teste.....	57
4.2 ESTUDO 2 – MODELOS 3D DE SINAPSE	61
4.2.1 Avaliação de conhecimento dos estudantes	61
4.2.2 Avaliação da percepção dos estudantes.....	66
4.2.2.1 Grupos Controle	66
4.2.2.2 Grupos Teste	69
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	75
5.1 ESTUDO 1 – JOGO DE TABULEIRO “TABULEIRO SINÁPTICO”.....	75
5.2 ESTUDO 2 – MODELOS 3D DE SINAPSE	81
6 CONCLUSÕES	89
7 PERSPECTIVAS.....	91
8 REFERÊNCIAS.....	92

1. INTRODUÇÃO

1.1 NEUROCIÊNCIA DA APRENDIZAGEM NA PRÁTICA DOCENTE

O estudo de como o cérebro aprende configura a neurociência da aprendizagem. Essa ciência estuda a como as redes neuronais são formadas durante o processo de aprendizagem, como as informações têm acesso ao cérebro, como as memórias são consolidadas e como temos acesso a elas depois que são armazenadas (SOSA et al., 2014). Utilizando funções cognitivas como atenção, memória, percepção, raciocínio e linguagem é possível pensar, raciocinar e resolver problemas (SOSA et al., 2014).

Para memorizar é necessário aprender e, para aprender, é necessário experienciar (IZQUIERDO, 1989). Conceitualmente, memória é a aquisição, formação, conservação e evocação de informações. A aquisição, ou seja, a aprendizagem de informações, permite consolidar ou conservar memórias com base no que foi aprendido. A evocação, ou seja, o ato de recordar também é dependente da aprendizagem, uma vez que só lembramos o que já foi aprendido (IZQUIERDO, 2002).

A memórias, quando classificadas pelo tempo entre aquisição e evocação da informação, podem ser classificadas em dois tipos: de curta duração e de longa duração. A primeira tem dura entre 5 e 6 horas e, a segunda, dura horas, dias ou anos (IZQUIERDO et al., 2013). As memórias de curta duração permanecem por um breve período e podem gerar memórias mais persistentes ou serem esquecidas (SOUSA; SALGADO, 2015). A memória de longa duração é dependente do processo de potenciação de longa duração (em inglês, "*long term potencialization*" ou LTP). A LTP é o aumento da resposta neuronal em decorrência de estímulos repetitivos e ocorre no hipocampo no processo de consolidação de memórias. (IZQUIERDO et al., 2013). Para que uma memória de curta duração se torne uma memória de longo prazo é considerada a importância da informação para a pessoa, a repetição dessa informação e sua codificação adequada na memória de longo prazo (IZQUIERDO, 2002).

A região cerebral reconhecida como fundamental para a consolidação de novas memórias é o hipocampo (PAULA et al., 2015). Os processos de

aprendizagem e memória não são estáticos, mas sim dinâmicos, devido à interação com outros sistemas, o que confere grande complexidade (CARVALHO, 2010). A integração do hipocampo com o sistema límbico, responsável pela ativação e pelo processamento de emoções, é fundamental para o processamento de novas memórias. Ainda, o direcionamento do foco da atenção em determinados pontos e a função da linguagem falada e escrita são atribuições importantes do córtex pré-frontal. A região temporal tem importância nesse processo devido à identificação e percepção de sons. Do mesmo modo, a região occipital é fundamental, pois é responsável pelo reconhecimento de objetos, para a leitura e reconhecimento de palavras (PAULA et al., 2015).

A capacidade de adaptação do cérebro ao ambiente em que o indivíduo se encontra é outra característica do cérebro essencial para a aprendizagem, e é chamada de neuroplasticidade. Por definição, a neuroplasticidade é qualquer modificação que ocorre no sistema nervoso, contanto que essa alteração não seja periódica e dure mais que poucos segundos. Essas adaptações ocorrem diariamente e fazem com que ocorra uma reorganização neural (BORELLA; SACHELLI, 2009).

Por meio de práticas pedagógicas, o educador fornece estímulos que provocam mudanças em circuitos neuronais. Isso faz com que haja o desenvolvimento e a reorganização da estrutura do cérebro, resultando em novos comportamentos e, por fim, no aprendizado (GUERRA, 2010). Portanto, é importante que o educador possa compreender de que forma os processos cognitivos relacionados a aprendizagem ocorrem para aperfeiçoar suas práticas pedagógicas (SOSA et al., 2014).

Sob o olhar da neurociência, o conceito de Estímulos Emocionalmente Competentes (EEC) é importante quando falamos do processo de ensino-aprendizagem, pois através de EEC podemos motivar os estudantes e facilitar a aprendizagem. Pela definição de Damásio, os EEC são capazes de fomentar um estado emocional no indivíduo (BISPO, 2004). Esse conceito se interliga diretamente com o fato de que “os maiores reguladores da aquisição, da formação e da evocação das memórias são justamente as emoções e os estados de ânimo” (IZQUIERDO, 2002). Educação, neurociência e psicologia são as áreas que fundamentam o estudo das bases neuropsicológicas da emoção. Esse estudo visa compreender de que

forma os processos cognitivos são influenciados pela emoção no ato de aprender (DORNELES, 2014).

Além das emoções, outro fator importante para a aprendizagem é a atenção, pois é ela que direciona o nosso Sistema Nervoso Central para aquilo que realmente é importante. Por isso, o ideal é utilizar de estímulos diferentes para manter a atenção dos discentes, considerando que a manutenção da atenção em um só estímulo é limitada (PAULA et al., 2015). Além disso, para que o aluno preste atenção no que está sendo ensinado, o conteúdo deve fazer sentido para sua vivência (PAULA et al., 2015).

O ato de ensinar e o processo do aprender não são tarefas simples. Para obter resultados significativos é necessário considerar uma série de fatores, sendo preciso avaliar quais são as condições sociais dos educandos, se há condições mínimas para proporcionar um bom trabalho aos docentes e se estes são incentivados a implementar estratégias de ensino capazes de motivar os estudantes (ADELINO, 2012).

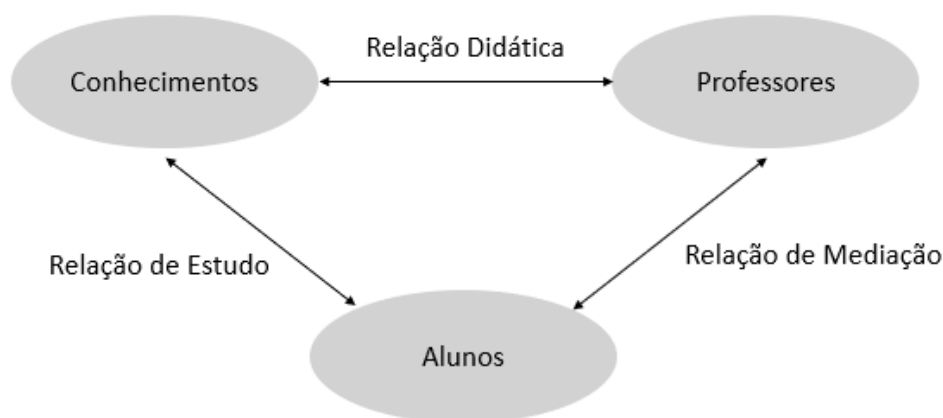
O fator motivacional é determinante na aprendizagem. Os julgamentos, opiniões e valores que os alunos demonstram sobre objetos, eventos e processos de aprendizagem afetam sua motivação (DECI; RYAN, 1985; KOCA; PH, 2016; RYAN; DECI, 2000). É essencial manter os alunos motivados e promover estratégias para aumentar sua motivação, a fim de promover o aprendizado a longo prazo (LIN; MCKEACHIE; KIM, 2001).

O conceito de motivação também está interligado à *flow theory* (teoria do fluxo) (CSIKSZENTMIHALYI, 1991). O estado do fluxo de imersão é observado nos casos de extrema concentração, combinados com uma distorção da percepção do tempo e perda da autoconsciência relacionada à prática de atividades prazerosas (CSIKSZENTMIHALYI, 1991). Na sala de aula, essa experiência ocorre quando a estratégia de ensino mantém os alunos focados e intrigados, em um processo de aprendizagem prazeroso (STORMOEN et al., 2015).

Na Figura 1, podemos ver as relações que constituem o ensino. Podemos identificar que há 3 tipos de relações: a relação de mediação (entre alunos e professores), a relação de estudo (entre alunos e conhecimentos) e a relação didática (entre professores e conhecimentos) (SAINT-ONGE, 2001). A mediação é

constituída pelo vínculo entre professores e alunos, e envolve os instrumentos e estratégias utilizadas para operacionalizar o processo de aprendizagem; a relação de estudo diz respeito à forma com que o aluno se relaciona com os conhecimentos a serem aprendidos; já a relação didática, é a relação entre o docente e os conteúdos a serem ensinados (SAINT-ONGE, 2001).

Figura 1 - As relações que constituem o ensino.



Fonte: Adaptado de Saint-Onge, 2001.

Levar em consideração os fatores neurobiológicos e motivacionais nas relações que constituem o ensino é necessário, uma vez que, para Moraes e Torre (2004), o fato da aprendizagem ser proporcionada pela neuroplasticidade e sofrer influência do ambiente permite com que o professor possa potencializar suas práticas pedagógicas para transmitir os estímulos necessários para a aprendizagem. No seu papel de provedor de estímulos, o professor pode contribuir para o entusiasmo em aprender ou, do contrário, contribuir para o desinteresse (MORAES; TORRE, 2004). Ao desconhecer isso, muitas vezes os professores atribuem aos alunos a incapacidade ou o insucesso de aprenderem com alguns métodos pedagógicos, fugindo da sua responsabilidade como mediadores da edificação do conhecimento (CARVALHO, 2010).

Devido ao exposto, é necessária a articulação entre as neurociências e a prática pedagógica na formação do professor; neste sentido, alguns autores sugerem a adição de novo componente curricular, objetivando dar subsídio científico

para a prática profissional da docência (CARVALHO, 2010). Essa necessidade vai ao encontro dos desafios da formação de profissionais da saúde, como será discutido na próxima seção.

1.2 EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO EM SAÚDE E O PAPEL DO PROFESSOR

A formação em saúde é desafiadora e tem-se percebido grandes necessidades de mudanças nos processos de ensino-aprendizagem adotados nesta área (GOMES; REGO, 2011; MITRE et al., 2008; NAMEN; GALAN, 2011; XAVIER et al., 2014). Há a necessidade de formar profissionais que, além do conhecimento técnico, sejam indivíduos éticos e políticos no seu ambiente de trabalho (NAMEN; GALAN, 2011). Além disso, é preciso que o ensino integre aspectos teóricos e práticos, a fim de atender as necessidades profissionais e tornar os indivíduos capazes de refletir e solucionar problemas reais (MARIN et al., 2010). Formar indivíduos reflexivos e solucionadores de problemas é importante também para promover mudanças sociais. Na contemporaneidade, a geração de novos conhecimentos toma forma de modo tão veloz que o saber científico é provisório, ou seja, está sempre em transição (MITRE et al., 2008; XAVIER et al., 2014).

Tais premissas vão ao encontro das 4 aprendizagens fundamentais, publicadas no Relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) escrito por Jacques Delors (1999), que são: (1) Aprender a conhecer: obter ferramentas para compreensão; (2) Aprender a fazer: a ação do indivíduo sobre o meio em que atua; (3) Aprender a conviver: a cooperação com os demais, e; (4) Aprender a ser: a essência que integra as outras 3 aprendizagens citadas (DELORS et al., 2010).

Ainda, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), mais especificamente o artigo 43, descreve que a Educação Superior tem como intuito:

- I – estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo;
- II – formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para [...] a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua;
- III – [...] desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive;
- IV – [...] comunicar o saber

através do ensino [...]; V – suscitar o desejo permanente de aperfeiçoamento cultural e profissional e possibilitar a correspondente concretização, integrando os conhecimentos que vão sendo adquiridos numa estrutura intelectual sistematizadora do conhecimento de cada geração; VI – estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade (BRASIL, 1996, p.20).

Indo de acordo a LDB, no que diz respeito à graduação, o Plano Nacional da Graduação (PNG) institui que:

[...] a formação para o exercício de uma profissão em uma era de rápidas, constantes e profundas mudanças requer, necessariamente, atenta consideração por parte da universidade. A decorrência normal deste processo parece ser a adoção de nova abordagem, de modo a ensejar aos egressos a capacidade de investigação e a de “aprender a aprender”. Este objetivo exige o domínio dos modos de produção do saber na respectiva área, de modo a criar as condições necessárias para o permanente processo de educação continuada (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1999, p.5).

A elaboração dos projetos político-pedagógicos que instituem as graduações são orientadas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN). A Resolução CNE/CES nº 1.133/2001 – de 7 de agosto de 2001, foi a primeira DCN a instituir diretrizes para cursos da área da Saúde, e inclui Medicina, Enfermagem e Nutrição (COSTA et al., 2018; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2001). De acordo com as DCN, o processo de formar um profissional deve levar em consideração as mudanças no setor de produção e no mercado de trabalho. Para isso, a formação dos indivíduos deve conectar os perfis e habilidades profissionais com o desenvolvimento científico e tecnológico, atentando também para a formação humanista e de cidadania (GEMIGNANI, 2012).

Tais fatos destacam uma mudança necessária por parte das instituições de ensino e dos docentes, a fim de que a concepção de bom professor sofra mudanças e não seja mais somente atrelada ao grande conhecimento na área e boa capacidade de oratória (BORGES; ALENCAR, 2014). É importante também que o professor desenvolva habilidades didáticas direcionadas ao perfil dos alunos que

atende, neste caso, a nível de educação superior (BORGES; ALENCAR, 2014). Deve-se então, levar em consideração que esses alunos já têm uma personalidade formada e levam consigo conhecimentos prévios advindos de suas experiências e da sociedade que o comporta. Dessa forma, o professor deve assumir papel de mediador na construção do conhecimento, auxiliando a tornar o aprendizado significativo (BORGES; ALENCAR, 2014).

É necessário lembrar para exercer o título de professor de ensino superior é requisito básico obter um título de pós-graduação. No entanto, para ensinar além de ter um bom conhecimento sobre o conteúdo a ser ensinado, deve-se desenvolver competências pedagógicas e políticas (DE OLIVEIRA et al., 2019). O fato de o professor de ensino superior não possuir formação em práticas pedagógicas não os qualifica para exercer a docência, da mesma forma que os qualifica para exercer suas profissões na área da saúde. Sabendo disso, para que mudanças significativas ocorram na educação é necessário que haja mudanças nos currículos, formações e práticas docentes (OLIVEIRA, 2017). No ensino de Fisiologia, uma disciplina básica de todos os cursos de saúde, tais particularidades também são importantes. Levando isso em consideração, especificidades do ensino de fisiologia serão abordadas na próxima sessão.

1.3 ENSINO DE FISIOLOGIA

A Fisiologia é o estudo dos processos funcionais do corpo humano a fim de manter a homeostase dos indivíduos (AIRES, 2012). Dessa forma, a fisiologia é uma disciplina obrigatória presente na etapa inicial do currículo dos cursos de graduação das ciências biológicas e da saúde. Seu objetivo é conceituar, explorar e integrar os conhecimentos científicos sobre os sistemas biológicos de modo a fazê-los úteis para as futuras vivências profissionais dos discentes. Tendo isso em vista, a Fisiologia, mais especificamente a Fisiologia Humana, é constituída por uma base de conhecimentos essenciais para profissões como Medicina, Fisioterapia, Enfermagem, Farmácia, Biomedicina, Nutrição, Educação Física, entre outros.

A Fisiologia se relaciona com muitas disciplinas, a citar: anatomia, histologia, bioquímica, biofísica, biologia celular, medicina clínica, neurociência, farmacologia e,

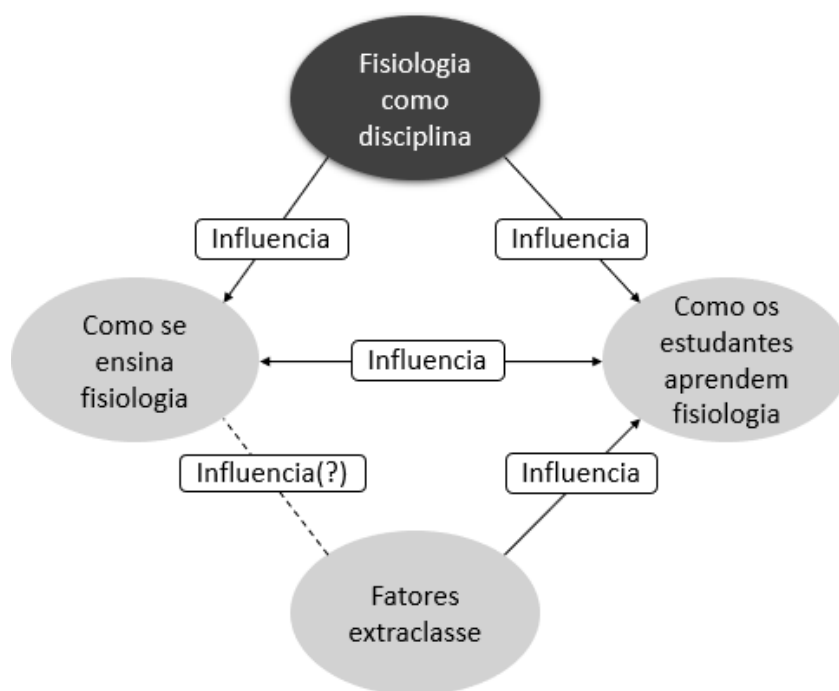
mais recentemente, genômica e proteômica. Devido à sobreposição de conteúdo, é necessário que o professor encontre limites razoáveis sobre quais aspectos das disciplinas descritas acima devem ser trazidos e/ou retomados em aula (SEFTON, 2005). Além disso, é necessário que o professor saiba definir qual nível de profundidade é essencial de ser aprendido, qual a relação do conteúdo com a futura profissão dos alunos e quais habilidades devem ser desenvolvidas ao longo da disciplina, como por exemplo, aplicar os conhecimentos na resolução de problemas (SEFTON, 2005).

A fisiologia é reconhecida pelos estudantes como uma disciplina desafiadora, para se compreender, integrar e aplicar (REHAN et al., 2016). Por isso, recursos educacionais são importante, pois podem facilitar o ensino de uma grande quantidade de conteúdo com qualidade (SEABRA MACHADO; BILLIG MELLO-CARPES, 2018). É importante que as novas metodologias de ensino pensadas pelos docentes para facilitar o ensino de fisiologia sejam testadas para evidenciar sua real contribuição para o aprendizado. Assim, a Pesquisa em Ensino de Fisiologia é essencial para investigar esses efeitos (SEABRA MACHADO; BILLIG MELLO-CARPES, 2018). Como verificado por Machado e colaboradores (2018), a Pesquisa em Fisiologia no Brasil está representada por 29 grupos de pesquisa, dos quais a grande maioria (80%) está alocado em universidades públicas. Ainda, os autores verificaram que o número de grupos de pesquisa é pequeno, e para ampliar as pesquisas neste área é evidente a necessidade de reconhecer e apoiar a pesquisa nesse campo (SEABRA MACHADO; BILLIG MELLO-CARPES, 2018).

Entendendo que a Fisiologia é uma disciplina difícil para grande parte dos estudantes, Michael (2007) fez uma pesquisa com 67 professores perguntando o que, na opinião deles, a torna tão complicada. Pensando nisso, o autor inicialmente elencou 3 fatores como os principais envolvidos na problemática e os considerou como base para pesquisa: (1) a natureza da disciplina, ou seja, sua estrutura curricular; (2) a forma como é ensinada, que envolve os métodos usuais utilizados para seu aprendizado; e, (3) o que os alunos trazem consigo para o aprendizado dessa disciplina, suas habilidades e seus conhecimentos prévios, além de suas crenças e os significados atribuídos à aprendizagem. No entanto, após realizar a pesquisa, muitos professores também sugeriram que fatores extraclasse (a vida pessoal de cada aula fora de sala de aula) podem influenciar no aprendizado da

disciplina (MICHAEL, 2007); na Figura 2, pode-se observar a relação entre os fatores que emergiram da pesquisa do autor.

Figura 2 – Fatores de influenciaram no aprendizado da disciplina de Fisiologia seguindo Michael (2007).



Fonte: Traduzido de Michael (2008).

As 5 principais causas elencadas pelos professores como responsáveis por tornarem a Fisiologia um componente curricular difícil de aprender, no estudo feito por Michael (2007) foram: (1) a fisiologia requerer a capacidade de raciocinar de forma causal; (2) os alunos acreditarem que aprender é o mesmo que decorar; (3) a dificuldade na capacidade de pensar em sistemas dinâmicos; (4) a dificuldade de entenderem gráficos e outras formas matemáticas; e, (5) a dificuldade de entender diferentes níveis organizacionais de forma simultânea.

Levando em consideração os obstáculos em aprender Fisiologia não somente do ponto de vista de conteúdo teórico, mas sim de raciocinar sobre situações e interações, alguns autores sugerem que as metodologias ativas mostram potencial para contribuir para solucionar esse problema (ANDERSON et al., 2011; MICHAEL, 2006). Apesar do potencial das metodologias ativas, é importante lembrar que outros

fatores, como o perfil atual dos alunos e a formação dos professores de fisiologia, são importantes nesse cenário. É visível a falta de compatibilidade entre o perfil do professor, desenvolvido sob bases teóricas específicas, com as expectativas dos universitários (FARIAS; CARVALHO, 2016). No estudo realizado por Oliveira e colegas (2019), os autores verificaram que a formação pedagógica dos professores das ciências básicas da saúde é insuficiente, visto que, sua formação é puramente conteudista. Ainda, os professores de universidades públicas frisaram dificuldades de infraestrutura e de interações com os cursos de áreas relacionadas, enquanto professores de universidades particulares disseram ter pouco tempo para preparação de aulas (DE OLIVEIRA et al., 2019).

É importante ter em mente que vários fatores, como os citados anteriormente, influenciam no ensino de fisiologia, e que o ensino pode ser mais ou menos desafiador de acordo com o conteúdo a ser ensinado.

1.2.1 Ensino da Transmissão Sináptica

Transmissão sináptica (TS) é o processo pelo qual os neurônios se comunicam (KANDEL et al., 2015). É importante lembrar que a TS ocorre nos neurônios por eles estarem inclusos na categoria de células excitáveis. Além das células neuronais, a TS pode ocorrer em outros tipos de células excitáveis (MELLO-CARPES, 2020). O aprendizado de TS envolve a compreensão de mecanismos complexos envolvidos na transmissão de informações entre neurônios e outras células excitáveis, sendo assim, este é um dos conteúdos de fisiologia que muitos estudantes apresentam dificuldades na aprendizagem.

Para Montrezor et al. (2014), os tópicos essenciais a serem aprendidos no conteúdo de TS são: (1) a caracterização das sinapses; (2) a identificação das principais diferenças funcionais entre sinapses químicas (SQ) e elétricas (SE); e, (3) os efeitos funcionais (eventos neurais e neuromusculares) que envolvem esses conceitos. Além disso, é importante correlacionar o conhecimento sobre TS com aplicações clínicas e farmacológicas (MONTREZOR, 2014).

Um estudo de Montagna e colaboradores (2010) investigou quais são os principais equívocos sobre conceitos importantes de TS por parte dos alunos. Dentre

os principais equívocos os autores destacaram: entender que a TS é um processo de sinalização no qual um neurônio transmite uma mensagem a outro, e que em SQ o potencial de ação que chega na célula pré-sináptica é transmitido para a pós-sináptica (MONTAGNA et al., 2010). É importante dizer que livros de Fisiologia compactuam com muitos dos equívocos percebidos (MONTAGNA et al., 2010). Dessa forma, os autores criticam o uso do termo TS e sugerem que o melhor termo a ser utilizado para especificar que o processo não é de mera transmissão de informação, mas sim que envolve a soma de potenciais pós-sinápticos excitatórios (PEPS) e inibitórios (PIPS), seria integração sináptica (MONTAGNA et al., 2010). Nesta dissertação manteremos o uso do termo TS considerando que ele é amplamente difundido e, desta forma, os leitores poderão ter maior clareza do conteúdo aqui abordado, no entanto, compactuamos com a opinião dos autores supracitados, de que este termo predispõe a equívocos bastante comuns no entendimento deste conteúdo.

Algumas estratégias para ensino da TS estão descritas na literatura. Dentre elas está “O Desafio Sináptico”, proposto por Montrezor (2014). Conforme a metodologia utilizada pelo autor, após uma aula teórica de 50 min envolvendo os principais tópicos sobre TS, os alunos foram divididos em 3 grupos de 20 pessoas, que posteriormente foi subdividido em 4 grupos menores, de 5 pessoas cada; cada subgrupo teve como missão apresentar de forma criativa as principais funções e diferenças entre SQ e SE, sem incluir recursos audiovisuais e/ou promover palestra ou debate. Os subgrupos foram aconselhados a não manter comunicação com os outros membros do grupo durante a atividade (MONTREZOR, 2014). Os alunos tiveram 15 dias para planejar a atividade e 15 minutos para apresentá-la; as apresentações foram realizadas de maneiras criativas e diferentes, envolvendo teatro, música, poesia, conto de fadas, jogos de perguntas e respostas, jogos de memória, e dança (MONTREZOR, 2014). Como resultado, o autor verificou que os alunos relataram interesse e dedicação em aprender o conteúdo durante o processo, sendo esta uma estratégia interessante para avaliar o raciocínio sobre TS (MONTREZOR, 2014).

Outra estratégia utilizada para o ensino de TS é a simulação computacional, que permite com que o aluno explore uma grande variedade de fatores. O “Simulador para Redes Neurais e Potenciais de Ação”, é um software gratuito que permite que

o aluno simule situações em um único neurônio, além de transmissão e integração sináptica; o aluno consegue simular ações como fluxo de íons, potenciais de membrana e somação temporal e espacial (AV-RON; BYRNE; BAXTER, 2006). O CD-ROM "*Neurons in Action*", é mais um exemplo de abordagem que permite a simulação de processo neurofisiológicos. Guiados pelo uso dos tutoriais disponibilizados, professores podem aplicar a ferramenta, que inclui parâmetros como geometria, número e tipo de canais iônicos, número de envoltórios de mielina do axônio, concentrações internas e externas de íons, variáveis sinápticas e temperatura (STUART, 2009).

O fato desse conteúdo envolver mecanismos causais complexos pode explicar o porquê dele se tornar entendível por parte dos estudantes. Portanto, é importante buscar estratégias de ensino inovadoras e acessíveis para promover um aprendizado mais efetivo (GOODMAN; BARKER; COOKE, 2018).

1.4 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Sabe-se que ensino e aprendizagem não têm vínculo causal, isto é, ensinar algo não necessariamente acarretará em aprendizado (PAIVA et al., 2016). Levando isso em consideração, a forma com que se ensina, ou seja, as metodologias de ensino-aprendizagem são tão importantes quanto o conteúdo a ser abordado pelo professor (WOODS; ROSENBERG, 2016). Desta forma, há uma busca contínua de inovação no que diz respeito a estratégias e métodos de ensino alternativos ou complementares ao método tradicional (WOODS; ROSENBERG, 2016).

De acordo com Bordenave e Pereira (1995), a metodologia utilizada pelo professor pode assumir alguns efeitos. Assim, uma metodologia de ensino que favoreça o aprendizado focado no aluno pode torná-lo livre, disciplinado, responsável e cooperativo. Já uma metodologia bancária pode ter efeitos opostos. (BORDENAVE; PEREIRA, 1995).

A utilização de metodologias ou técnicas para potencializar o processo de ensino-aprendizagem é chamada de estratégia de ensino (ADELINO, 2012). Uma estratégia de ensino visa, de um modo geral, auxiliar na obtenção das metas de aprendizagem pré-estabelecidas (ADELINO, 2012). Proporcionar diferentes

materiais em sala de aula é uma estratégia de ensino que permite com que o processo de ensino-aprendizagem se concretize mais facilmente, de forma menos verbalística, tornando o ambiente mais encantador (FISCARELLI, 2007).

No uso das metodologias ativas a principal mudança necessária é deslocar o aluno do papel de ouvinte e o inserir como protagonista do seu processo de ensino (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017; PINTO et al., 2012). O estudante deve ser capaz de relacionar saberes, exercer senso crítico sobre as informações que lhe são apresentadas e, em consequência, aplicar os saberes às práticas reais da sua profissão (PINTO et al., 2012). Esta possibilidade de mudar o ponto de vista de um ensino centralizado no docente para uma realidade onde o discente é o produtor do próprio conhecimento é uma ideia que se relaciona com a proposta de Paulo Freire (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Na visão de Freire, o professor deve atuar como problematizador e questionador, assumindo caráter gentil e respeitoso, utilizando o diálogo como sua principal ferramenta de ensino (FREIRE, 2005). Além disso, as práticas educacionais devem fomentar a curiosidade, postura ativa e experimentação, utilizando ferramentas que provoquem esses comportamentos (CHIARELLA et al., 2015). As propostas pedagógicas de Freire se relacionam muito com os princípios da neurobiologia da aprendizagem, ao favorecerem a reconstrução do conhecimento, tendo como base as memórias sociais e culturais (PAULA et al., 2015).

Diversos métodos ativos de ensino podem ser aplicados em sala de aula. Dentre eles destacam-se: Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (BEZ; VICARI; MORETO, 2013; ROCHA; LEMOS, 2014), problematização (BEZ; VICARI; MORETO, 2013), *peer-instruction* (PI) (ROCHA; LEMOS, 2014) e a simulação (ROCHA; LEMOS, 2014). Em algumas das opções de métodos ativos atualmente disponíveis a tecnologia pode ser uma importante aliada.

1.4.1 Tecnologia como estratégia para o ensino-aprendizagem ativo

O uso de estratégias de ensino ativo é importante especialmente para a geração atual de universitários, que cresceu em uma realidade constantemente transformada pela tecnologia (SANGIORGIO et al., 2013). O público que frequenta

as universidades hoje se encaixa na Geração do Milênio, também conhecida como Geração Y, de indivíduos que nasceram entre os anos 1980 e 2000 (FARIAS; CARVALHO, 2016). Muitos alunos dessa geração não aprendem de forma significativa com modelos educacionais tradicionais, sendo necessário pensar em estratégias de ensino que os motivem a construir seu conhecimento de forma participativa e dinâmica (SANGIORGIO et al., 2013).

A tecnologia faz parte do cotidiano, assim, não se pode deixar de pensar nela como aspecto importante do pensamento, relacionamento e da ação dos indivíduos. Neste sentido, é importante pensar no papel da tecnologia na educação, a fim de que possa colaborar para a prática pedagógica, aumentando o engajamento dos estudantes (MORAIS; SILVA, 2014). Ainda, levando em consideração os avanços tecnológicos, é necessário que os sujeitos possam se adaptar e interagir com as tecnologias, a fim de aprender a usá-las (MORAIS; SILVA, 2014).

Assim, é importante que o docente esteja em sincronia com as mudanças causadas pela tecnologia e que pense em formas de aplicá-las nos ambientes de ensino (INOCENTE; WÜST; CASTAMAN, 2016). Escolher estratégias de ensino que corroborem com a realidade é essencial para que os resultados esperados sejam atingidos (INOCENTE; WÜST; CASTAMAN, 2016). A tecnologia amplia o espectro de abordagens docentes, tornando a educação mais interativa e servindo a diferentes formas de aprendizagem na aquisição de conhecimentos, habilidades e competências (INOCENTE; WÜST; CASTAMAN, 2016).

Jogos educacionais e modelos 3D são exemplos de tecnologias que podem favorecer o processo de ensino-aprendizagem. Em seguida, será discutida a importância da pesquisa sobre a efetividade dessas tecnologias no ensino em saúde.

1.4.1.1 Jogos Educacionais

Os jogos com propósito educacional, e não apenas de divertir o jogador, são chamados de jogos sérios (LANCASTER, 2014). Os jogos sérios exigem que o jogador seja o protagonista do seu próprio aprendizado e envolvem características pedagógicas destinadas a transmitir conhecimentos e habilidades (LANCASTER,

2014). No decorrer deste trabalho, os jogos sérios serão chamados de Jogos Educacionais (JE) para padronização de termos.

A utilização de JE para o ensino tem sido estudada como estratégia de ensino. Os JE têm se mostrado uma ferramenta que motiva o aluno a aprender e, além disso, têm um impacto positivo, envolvendo os alunos e promovendo um aprendizado efetivo (LUCHI; MONTREZOR; MARCONDES, 2017). Um JE pode ser uma ferramenta competitiva ou colaborativa, aplicada a partir de regras previamente discutidas (LANCASTER, 2014). De qualquer forma, permite que os alunos aprendam desenvolvendo estratégias para resolver problemas, envolvendo pensamentos criativos, e, além disso, fortalecendo a comunicação em grupo (MARCONDES et al., 2015).

Um tipo de jogo que pode ser usado no ensino são os jogos de tabuleiro (JT). Esse tipo de jogo é jogado movendo peças em um tabuleiro, usando estratégias para continuar progredindo na busca da vitória (GAUTHIER et al., 2018). Um exemplo de JT é o xadrez (NODA; SHIROTSUKI; NAKAO, 2019). No uso educacional, as interações de alunos em grupos durante o JT podem proporcionar um melhor contato social, promovendo oportunidades de aprendizado (BOCHENNEK et al., 2007; GAUTHIER et al., 2018). Também foi sugerido que os JT podem facilitar o aprendizado através de um fluxo de imersão, o que pode auxiliar nas necessidades individuais de aprendizado de cada aluno (BOCHENNEK et al., 2007; GAUTHIER et al., 2018).

Alguns JT são criados com o objetivo de facilitar o entendimento sobre algum assunto e, neste sentido, foi verificado que esse tipo de jogo contribui para aumentar o conhecimento relacionado ao campo de estudo específico (NODA; SHIROTSUKI; NAKAO, 2019). Por exemplo, o uso de um JT melhorou o conhecimento sobre o vírus da imunodeficiência humana (HIV) e infecções sexualmente transmissíveis (ISTs), como no caso do jogo "*Make a Positive Start Today game*" (WANYAMA et al., 2012). Outro exemplo é o jogo *Kalèdo*, desenvolvido com sucesso para aumentar o conhecimento sobre aspectos nutricionais (AMARO et al., 2006).

Assim, o uso de JE se mostra uma estratégia interessante para auxiliar no estudo de conhecimentos específicos. Sabendo disso, e relacionando os fatos expostos com o conhecimento da dificuldade dos alunos na disciplina de Fisiologia,

os JE podem ser uma boa ferramenta para promover um aprendizado mais efetivo de tópicos estudados na disciplina nos quais os alunos apresentam maior dificuldade de entendimento.

1.4.1.2 Modelos tridimensionais

Os livros de ciências básicas da saúde, mesmo fazendo uso de recursos visuais, tais como figuras, ilustrações e animações, ainda falham em fornecer ao aluno modelos estruturais mais fidedignos (AUGUSTO et al., 2016). Desta forma, o uso da simulação em sala de aula permite melhor visualização e, em consequência, melhor entendimento do aluno sobre processos teóricos e práticos (FLORES; BEZ; BRUNO, 2014), permitindo que o aluno relacione mais facilmente processos anatômicos e fisiológicos com as futuras vivências profissionais (FLORES; BEZ; BRUNO, 2014).

A simulação com objetos tridimensionais (3D) virtuais é um método interessante para os alunos entenderem processos biológicos, pois permite que eles sejam visualizados sob toda a sua estrutura (SMITH, 2016). Por outro lado, a utilização de modelos 3D físicos pode auxiliar na observação física de estruturas biológicas, que antes se limitavam à imaginação e imagens estáticas (SMITH, 2016). No caso do uso de modelos 3D físicos, as peças 3D podem ser impressas por uma impressora tridimensional a partir do modelo virtual construído em um programa de computador que permita sua modelagem. Diversos materiais, como filamentos de plástico, resina líquida, pó de gesso e metal fundido por laser, podem ser utilizados na impressão dos modelos (MISHRA, 2016; SNYDER et al., 2014).

Na atualidade, os estudos que envolvem a aplicação de modelos 3D na literatura baseiam-se basicamente no ensino anatômico e morfológico (CHAVES; DUTRA; ROCHA, 2018). Exemplo disso, é o estudo realizado por Cantín e colaboradores (2015), que escaneou dentes maxilares e mandibulares para ensino de odontologia. Os autores concluíram que os modelos 3D são uma valiosa ferramenta de aprendizado que pode ser usada no lugar dos dentes extraídos (CANTÍN; MUÑOZ; OLATE, 2015). Outro estudo, realizado por Backhouse et al. (2018), buscou escanear crânios através de um scanner 3D para o ensino de

anatomia. Os autores verificaram que os estudantes preferiram o recurso 3D para aprender anatomia óssea orbital em comparação com os recursos tradicionais de aprendizagem, argumentando que o modelo ajudou a entender e visualizar as relações espaciais dos ossos, aumentando sua confiança para posterior aplicação deste conteúdo (BACKHOUSE; TAYLOR; ARMITAGE, 2018).

Um dos poucos estudos encontrados que envolveram componentes funcionais foi o realizado por Smith e colaboradores (2018), no qual foram produzidos modelos 3D anatômico-funcionais baratos, a fim de oferecer interação para o usuário. Os autores buscaram criar modelos de cordas vocais que permitiam a locomoção dos aritenóides na cartilagem cricoide, servindo para explicar a ação dos músculos intrínsecos da laringe (SMITH; JONES, 2018). Para chegar nesse objetivo, foram utilizados 2 tipos de materiais: o material rígido, composto por filamentos de plástico de ácido polilático – PLA, para ilustrar o osso e o material elástico, composto por filamento flexível, para ilustrar o músculo; a união desses materiais conseguiu elucidar a forma anatômica, além de tornar visível os processos funcionais biomecânicos (SMITH; JONES, 2018).

Assim, os dados disponíveis na literatura sugerem que o uso de modelos 3D em sala de aula pode tornar a aprendizagem do aluno mais efetiva devido a experiência de visualização e toque do aluno no objeto em estudo (SMITH, 2016). No entanto, ainda são escassas as pesquisas que avaliam o uso de modelos 3D para o ensino de funções, a qual é a base dos conhecimentos fisiológicos.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Desenvolver e validar recursos educacionais como estratégia de ensino da transmissão sináptica na disciplina de Fisiologia Humana.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um jogo educacional aplicável no ensino da transmissão sináptica e aplicá-lo durante as aulas, avaliando o seu uso no ensino-aprendizagem de Fisiologia Humana;
- Modelar e imprimir estruturas tridimensionais aplicáveis aos conteúdos de transmissão sináptica e utilizá-las durante as aulas, avaliando o seu uso no ensino-aprendizagem de Fisiologia Humana;
- Avaliar o aprendizado do conteúdo de TS dos alunos que utilizaram diferentes metodologias ativas associadas ao ensino tradicional, comparando-o com condições de uso de metodologias tradicionais isoladas;
- Avaliar a percepção dos alunos quanto à eficácia das metodologias tradicionais e ativas para seu aprendizado efetivo.

2.2 HIPÓTESES

O uso de metodologias ativas aliadas à aula teórica tradicional, como a utilização de modelos 3D e jogos didáticos, faz com que os alunos consigam visualizar melhor os processos fisiológicos e, conseqüentemente, melhorem seu aprendizado e desempenho nas avaliações. Além disso, o uso de modelos 3D e jogos didáticos aliados à aula teórica no ensino de fisiologia humana, é considerado positivo pelos alunos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale (CAAE: 96798618.2.1001.5348) (ANEXO A). A abordagem desta pesquisa foi qualitativa-quantitativa, sendo caracterizada, quanto à finalidade, como uma pesquisa aplicada, quanto aos objetivos, como uma pesquisa descritiva, e, quanto aos procedimentos, como pesquisa experimental.

A pesquisa foi composta por dois estudos:

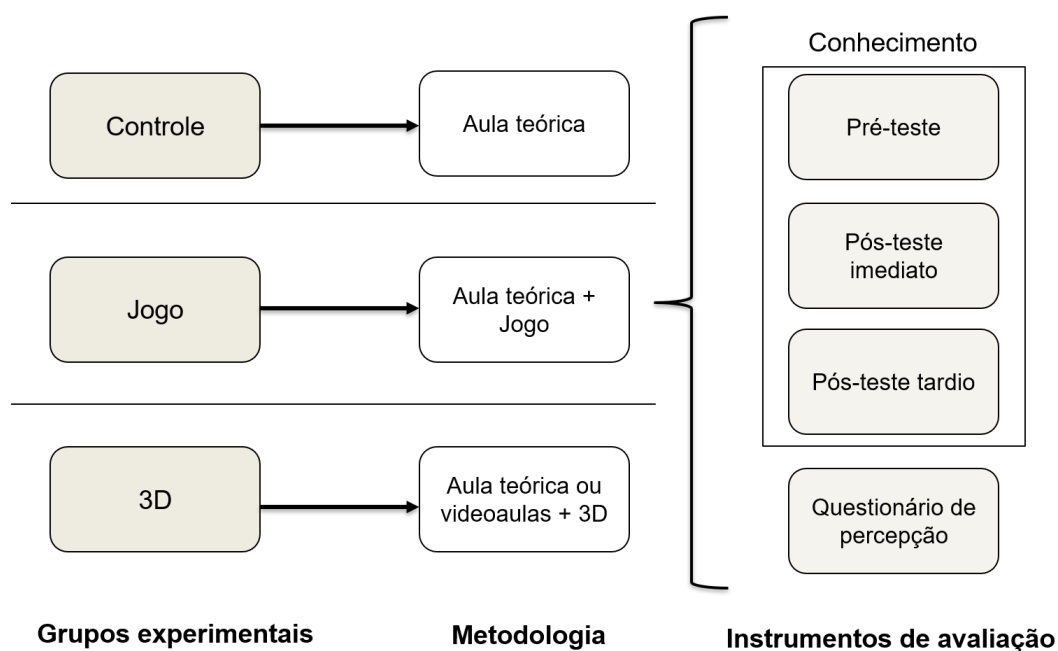
- Estudo 1: Avaliação dos conhecimentos sobre TS de alunos da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) após a aplicação de um jogo educacional no formato de JT, e da aceitabilidade do uso do JE.
- Estudo 2: Avaliação dos conhecimentos sobre TS de alunos da Unipampa e da Universidade Feevale após a aplicação de modelos 3D, no formato de quebra-cabeças, e da aceitabilidade do uso destes modelos.

3.1 DESENHO EXPERIMENTAL

3.1.1 Grupos experimentais e metodologias empregadas

A estrutura geral do desenho experimental utilizado neste estudo pode ser visualizada na Figura 3. Levando em consideração ambos os estudos, os grupos experimentais foram divididos em Grupo Controle (GC), Grupo Jogo (GJ) e Grupo 3D (G3D).

Figura 3 - Desenho experimental.



Fonte: próprio autor (2019).

No estudo 1, os grupos experimentais foram classificados em grupo controle (GC) e grupo (GJ). No primeiro semestre do ano de 2018 todos os alunos que aceitaram participar da pesquisa foram incluídos no GC e, no segundo semestre do mesmo ano, todos os alunos foram incluídos no GJ. Todos os participantes incluídos no GC participaram apenas de uma aula teórica; já os alunos incluídos no GJ participaram de uma aula teórica, com posterior aplicação do jogo.

No estudo 2, os grupos experimentais foram classificados em grupo controle (GC) e grupo (G3D). Na Unipampa, o GC utilizado para este estudo foi o mesmo do estudo 1 e, as coletas com o G3D ocorreram no segundo semestre de 2019, no qual todos os alunos do semestre foram incluídos no G3D. Os participantes incluídos no GC da Unipampa participaram apenas de uma aula teórica; já os alunos incluídos no G3D participaram de uma aula teórica, com posterior aplicação dos modelos 3D. Na Universidade Feevale, no segundo semestre de 2018 foram coletados os dados do GC e, no primeiro semestre de 2019, do grupo G3D. Os participantes incluídos no GC da Universidade Feevale participaram apenas de uma aula teórica; já os alunos incluídos no G3D tiveram os aspectos teóricos sobre o assunto por meio de vídeo-aulas e, posteriormente, participaram da intervenção com os modelos 3D.

Os instrumentos de avaliação utilizados incluíram avaliações de conhecimentos e da percepção dos alunos sobre as contribuições de metodologias em sua aprendizagem. As metodologias de ensino e os testes foram aplicados a todos os alunos de fisiologia do semestre vigente nas respectivas universidades, mas só foram considerados na análise de dados aqueles que aceitaram participar da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE; ANEXO B).

3.1.2 Instrumentos de avaliação

A avaliação de conhecimentos se deu da seguinte forma: os alunos foram testados em três momentos, envolvendo pré-teste, pós-teste imediato e pós-teste tardio (realizado através da inclusão de questões junto à prova teórica). Antes da aula teórica, os alunos que aceitaram participar da pesquisa responderam um pré-teste sobre o assunto. O pré-teste buscou avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre o assunto em questão e foi aplicado antes da aula teórica, sendo composto por questões fechadas, relacionadas ao conteúdo abordado. O pós-teste imediato foi aplicado logo após a aula teórica no grupo controle e após a aula teórica associada a metodologia ativa (jogo ou 3D) nos grupos teste (GT). O pós-teste tardio foi aplicado 2 semanas após a aula, junto com a avaliação formal da disciplina, e buscou avaliar a persistência do conhecimento ao longo do tempo.

No pré e nos pós-testes foram utilizadas afirmações para as quais os alunos deveriam indicar se eram verdadeiras ou falsas (apêndice A). As questões utilizadas nos testes, embora não exatamente iguais, abordavam os mesmos conteúdos com a mesma profundidade, contendo, adicionalmente, a opção: “Não sei responder, pois não possuo conhecimento suficiente sobre o assunto, e por isso optei pelo chute”, a qual o aluno deveria marcar caso tivesse “chutado” a resposta. O objetivo da opção de chute foi verificar se após a aula teórica com ou sem a metodologia ativa, os alunos se sentiam mais confiantes ao responder os testes.

Nos grupos controle, a avaliação da percepção aconteceu através de um questionário composto por 6 perguntas que visavam avaliar percepção do aluno sobre sua atuação na disciplina, seu grau de satisfação com a metodologia aplicada

(aula teórica tradicional) e sua opinião acerca de ter ou não conseguido atingir os objetivos de aprendizagem com ela. Além disso, foi verificada a opinião dos alunos sobre uso de metodologias como: aula teórica, estudo dirigido, seminários, aula prática com uso de animais, e aula prática com outros recursos. A opinião foi medida a partir da aplicação de um questionário envolvendo questões fechadas, utilizando escala Likert, variando de 0 a 4. Zero indicava desconhecimento sobre a metodologia, enquanto os números de 1 a 4 indicavam, de forma crescente, o quanto os alunos gostavam e acreditavam aprender com a referida abordagem.

A avaliação da percepção dos alunos sobre as contribuições do uso das metodologias ativas para a aprendizagem de Fisiologia foi realizada junto ao pós-teste imediato, de forma anônima, quando os grupos responderam um questionário contendo perguntas fechadas e abertas (apêndice B). Além disso, nesse questionário também constavam perguntas para definir o perfil do aluno, como sexo, idade, curso de graduação, semestre do curso, e ano de início do curso de graduação atual.

No Grupo Teste - Jogo o questionário de percepção (apêndice C) utilizado foi composto por 11 questões, sendo 10 fechadas abordando as opiniões dos alunos sobre o jogo, incluindo uma autoavaliação do aluno sobre sua atuação na disciplina, sua opinião sobre o aprendizado com o uso da metodologia na qual os alunos participaram e sobre seu uso em outras disciplinas. Além disso, foi solicitado aos alunos que atribuíssem uma nota à atividade, considerando uma escala de 0 a 10. Uma questão aberta com objetivo de verificar se os estudantes tinham sugestões adicionais para melhorar ou contribuir com as aulas de fisiologia foi incluída.

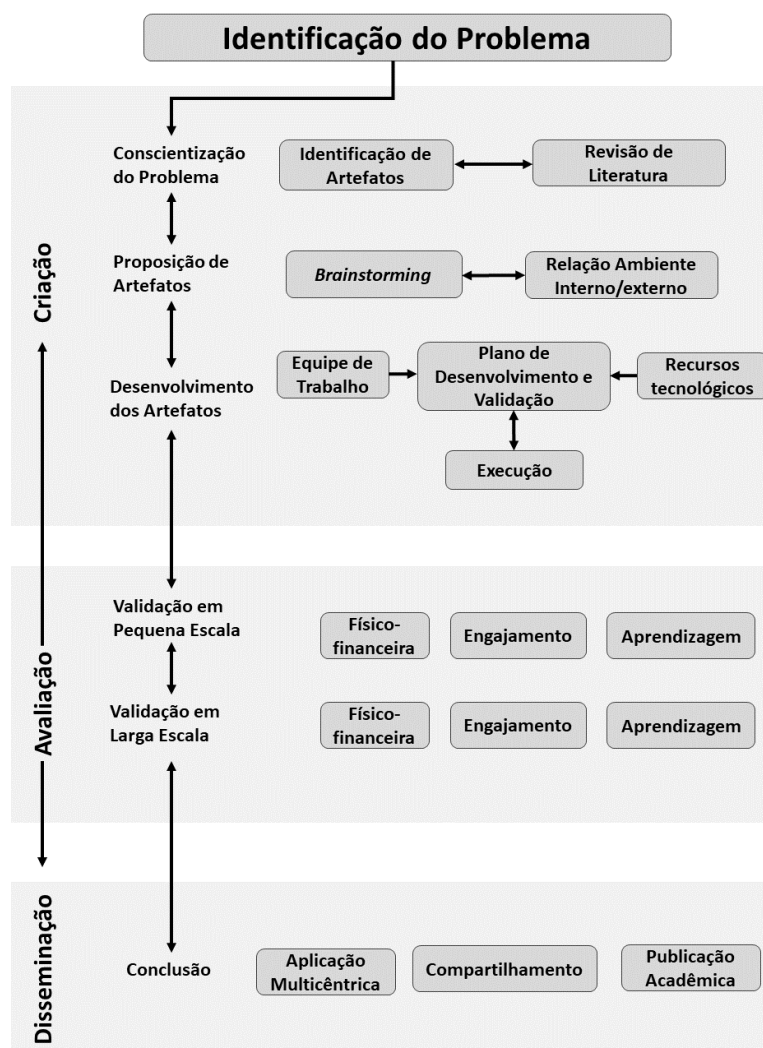
No G3D, foi aplicado o mesmo padrão de teste de percepção, porém com foco nos modelos 3D (apêndice D). Além disso, neste estudo foi incluída mais uma questão fechada para verificar se os alunos que sofreram a intervenção na Universidade Feevale tinham assistido às vídeo-aulas teóricas antes da aula prática com os modelos 3D.

3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Pensando na aplicabilidade futura dos recursos educacionais (REs) desenvolvidos, foi utilizada a metodologia *Design Science Research* (DSR) como base epistemológica. Essa metodologia é originada da engenharia e visa estudar o artificial. A DSR tem como objetivo orientar a solução de problemas complexos a partir da construção de artefatos (LACERDA et al., 2013; PEFFERS et al., 2007; SIMON, 1969). No caso deste trabalho, a DSR serviu como base para todas as etapas de desenvolvimento e validação dos REs, como forma de dar rigor científico a esse processo.

Os artefatos gerados, neste caso, foram os REs físicos e digitais, tal como os protocolos de aplicação e os processos de validação atrelados ao processo. As etapas da DSR para o desenvolvimento dos recursos educacionais são mostradas na Figura 4. Em síntese, a DSR parte da identificação de um problema; a partir disso, é dividida em 3 macroetapas: criação, avaliação e comunicação, sendo que dentro da criação, estão envolvidos os processos de conscientização do problema e de proposição e desenvolvimento de artefatos. Depois disso, é realizada a validação em pequena e grande escala dos artefatos, e, como conclusão, os resultados obtidos são comunicados (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015).

Figura 4 - Fases da DSR aplicadas ao desenvolvimento de REs.



Fonte: Cláudio Felipe Kolling da Rocha (2019).

Neste trabalho, a DSR foi aplicada da seguinte maneira:

- I. Identificação do problema: A partir da experiência de professores e monitores envolvidos na equipe foram identificados os tópicos da disciplina de Fisiologia Humana nos quais os alunos tinham mais dificuldade de aprendizagem. Então, dentre os assuntos elencados, TS foi o tema de escolhido.
- II. Criação:
 - a. Conscientização do problema: foi realizada uma revisão da literatura, a fim de elencar as soluções publicadas em revistas científicas para resolver o problema de ensino-aprendizagem do conteúdo de TS.

- b. Proposição de artefatos: poucas soluções foram encontradas na literatura para resolver o problema didático referente ao assunto de TS e, por isso, foram propostas novas soluções a partir de sessões de *brainstorming*.
 - c. Desenvolvimento de artefatos: a equipe de trabalho escolheu as maneiras que julgava ter maior potencial de resolver o problema, que foi o desenvolvimento de um JT e de modelos 3D. A partir disso, foram selecionadas as metodologias e tecnologias necessárias para construção destes e, então, foi traçado um plano de execução.
- III. Avaliação:
- a. Pequena escala: diz respeito ao primeiro teste realizado, com menos alunos, o teste piloto. O objetivo foi verificar questões estruturais, funcionalidade e receber um *feedback* dos usuários para promover melhorias antes de chegar a sua aplicação em contexto real.
 - b. Grande escala: após a fase de teste e refinamento, o RE é validado em sala de aula para avaliar o conhecimento dos estudantes frente ao assunto abordado e sua opinião sobre o recurso.
- IV. Comunicação: após concluir o desenvolvimento e a validação dos REs, eles devem ser compartilhados na forma de publicações científicas e outros tipos de comunicação. Além disso, se possível, é interessante a aplicação multicêntrica dos recursos, a fim de validá-los em diferentes locais, públicos e privados, para verificar sua eficácia.

Ao final do estudo, foram obtidos 2 recursos educacionais, sendo o jogo do tabuleiro sináptico (JTS) publicado e disponibilizado de forma aberta, para livre acesso, na revista *Advances in Physiology Education* (ANEXO C), e os modelos 3D desenvolvidos em parceria a empresa *startup* IN.GENIUS®, e disponibilizados de forma comercial.

3.2.1 Estudo 1 – Jogo “tabuleiro sináptico”

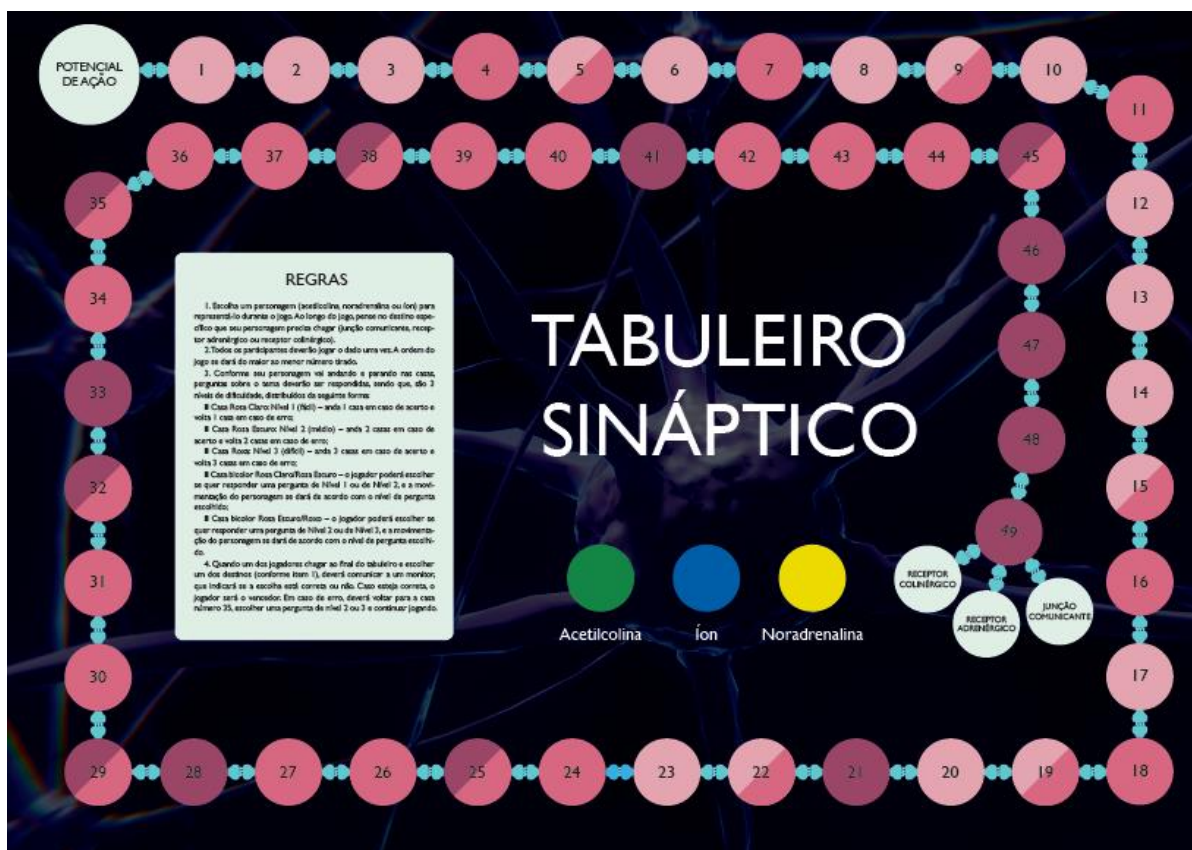
3.2.1.1 Desenvolvimento e produção

A equipe de desenvolvimento do JT foi constituída por uma aluna de mestrado em Fisiologia, dois bacharéis em Biomedicina, três estudantes de graduação de diferentes cursos (Biomedicina, Design Gráfico e Gestão de Produção) e dois docentes de Fisiologia Humana, sendo um de universidade privada e um de universidade pública. A equipe se reunia semanalmente, realizando reuniões no modelo de *brainstorming*.

O JT foi o tipo de jogo escolhido com o objetivo de tornar o aprendizado divertido e dinâmico, promovendo um momento de aprendizado em equipe. Os níveis crescentes de dificuldade que constituem o jogo foram pensados como fator de motivação para que os alunos queiram chegar até o fim. Além disso, regras simples foram desenvolvidas, para que o jogo fosse intuitivo para os jogadores.

Os elementos essenciais para jogar o JTS criado pela equipe são: o tabuleiro, as regras do jogo, um telefone Android para baixar o aplicativo e sortear perguntas e peões das cores correspondentes. O uso do aplicativo pode ser substituído por cartas contendo as questões, sem uso do celular, se for da preferência do instrutor/docente. O tabuleiro criado é composto por 50 casas (mais a casa de partida - Potencial de Ação - e 3 destinos) (Figura 5). O número de participantes no JTS é de no mínimo 2 e no máximo 3 alunos por tabuleiro. As casas do tabuleiro foram divididas em diferentes cores, as quais representam os 3 níveis de dificuldade das perguntas que devem ser respondidas pelo jogador de acordo com a casa na qual ele para. Para iniciar o jogo, os jogadores devem escolher um personagem para representá-lo durante o jogo (acetilcolina - peão verde; noradrenalina - peão amarelo; ou íon - peão azul), e, conhecendo sua identidade, devem ter em mente seu destino no final do percurso do tabuleiro (receptor colinérgico, receptor adrenérgico ou junção comunicante). Para andar casas, os jogadores devem jogar os dados e responder a uma pergunta de acordo com a cor da casa em que param. A estrutura física do tabuleiro pode ser vista na Figura 5 e as regras do jogo podem ser encontradas na Tabela 1.

Figura 5 – Estrutura do JTS.



Design do tabuleiro do JTS, a estrutura das casas, a cor dos peões e as regras do jogo. Fonte: próprio autor (2018).

Tabela 1 - Regras do JTS.

1. Escolha um personagem (acetilcolina, noradrenalina ou íon) para representá-lo durante o jogo. Ao longo do jogo, tenha em mente no destino específico que seu personagem precisa chegar (junção comunicante, receptor adrenérgico ou receptor colinérgico).
2. Todos os participantes deverão jogar o dado uma vez. A ordem do jogo se dará do maior ao menor número sorteado no dado.
3. Conforme seu personagem vai andando e parando nas casas, perguntas sobre o tema deverão ser respondidas, sendo eles em 3 níveis de dificuldade, distribuídos da seguinte forma:
 - Casa Rosa Claro: Nível 1 (fácil) – anda 1 casa em caso de acerto e volta 1 casa em caso de erro;

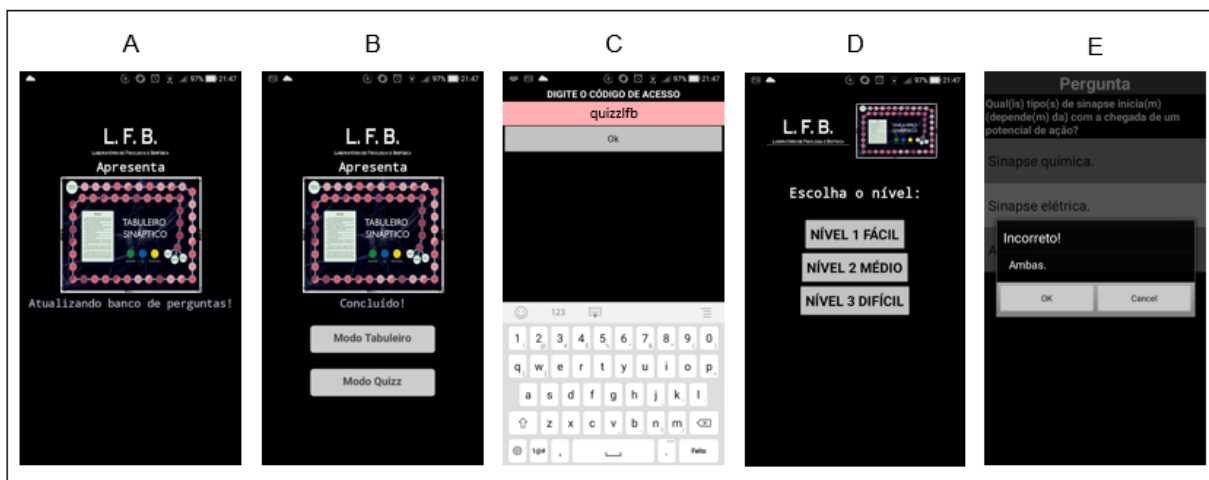
-
- **Casa Rosa Escuro: Nível 2 (médio) – anda 2 casas em caso de acerto e volta 2 casas em caso de erro;**
 - **Casa Roxa: Nível 3 (difícil) – anda 3 casas em caso de acerto e volta 3 casas em caso de erro;**
 - **Casa bicolor Rosa Claro/Rosa Escuro – o jogador poderá escolher se quer responder uma pergunta de Nível 1 ou de Nível 2, e a movimentação do personagem se dará de acordo com o nível de pergunta escolhido;**
 - **Casa bicolor Rosa Escuro/Roxo – o jogador poderá escolher se quer responder uma pergunta de Nível 2 ou de Nível 3, e a movimentação do personagem se dará de acordo com o nível de pergunta escolhido.**
4. **Quando um dos jogadores chegar ao final do tabuleiro e escolher um dos destinos (conforme item 1), deverá comunicar a um monitor, que indicará se a escolha está correta ou não. Caso esteja correta, o jogador será o vencedor. Em caso de erro, deverá voltar para a casa número 35, escolher uma pergunta de nível 2 ou 3 e continuar jogando.**
-

Fonte: próprio autor (2018).

Para desenvolver o jogo, o tabuleiro pode ser impresso no tamanho desejado, e os peões podem ser comprados ou criados. No nosso caso, projetamos os peões por conta própria, usando um software Fusion 360 e uma impressora 3D. Foram utilizados 3 peões para cada tabuleiro, sendo um verde, um amarelo e um azul, de acordo com os significados anteriormente descritos.

As questões sobre TS foram propostas e revisadas pelos autores, que incluem dois professores de fisiologia com experiência na área, de duas universidades diferentes (uma pública e outra particular). As questões foram divididas em 3 níveis de dificuldade (fácil, médio e difícil). Ao final, 71 questões foram escritas, sendo 28 de nível fácil, 25 de médio e 19 de difícil (apêndice E). Para as perguntas utilizadas no jogo, foi desenvolvido um aplicativo móvel (APP) (Fig. 6). O aplicativo APP foi criado pelos próprios autores, usando a ferramenta *MIT App Inventor*. Para jogar, é necessário que um dos jogadores por tabuleiro façam o download em seu próprio telefone. O APP pode ser baixado em português ou em inglês, acessando <<https://drive.google.com/drive/folders/1h8Uk-wlpD0mDqCLQXEJqtGqXx3J-ibdr>>.

Figura 6 - Tela do aplicativo desenvolvido para o APP JTS.



Fonte: próprio autor (2018).

A Figura 6 mostra as 5 principais telas do APP. A Tela A, é o painel inicial, que tem como função introduzir o aplicativo, indicando que o banco de dados de perguntas, contido em Planilha Google, está sendo atualizado. Em seguida, a Tela B indica as duas opções possíveis para uso do APP: usar as perguntas durante o JTS, ou como um questionário para estudo. Após selecionada a opção, a Tela C pede um Código de Acesso, para garantir aos alunos o acesso às perguntas apenas no dia da intervenção em sala de aula, ou quando o professor fornecer o código. O código para entrada é “quizzifb”. Após indicar o código correto, é mostrada a Tela de Escolha de Nível (Tela D), na qual, de acordo com o jogo, os alunos devem escolher o nível de pergunta a ser respondido. Depois de selecionar a dificuldade da questão a ser respondida o APP sorteia a pergunta, indicando uma questão de múltipla escolha correspondente ao nível selecionado. Após a resposta do aluno, ele recebe a indicação de que a resposta está correta ou incorreta e, em caso de erro, a resposta correta é mostrada. Além disso, o sorteador que compõe o jogo só permite que as perguntas apareçam uma vez por acesso, assim, não é possível responder a mesma questão múltiplas vezes.

3.2.1.2 Aplicação em Sala de Aula

Antes da aplicação na turma, o jogo foi testado em 3 estudos-piloto com alunos que já haviam cursado a disciplina de Fisiologia Humana e com professores. Nos pilotos, o número de espaços, a dificuldade das perguntas e o tempo de jogo foram os principais aspectos verificados. Além disso, os participantes desta etapa foram solicitados a opinar sobre o jogo e fazer sugestões de mudanças, as quais foram avaliadas pelos autores.

Ao total, 35 estudantes aceitaram participar da pesquisa no primeiro semestre e foram incluídos no GC. Levando em consideração a incompletude dos questionários, a caracterização da amostra foi feita com base nos respondentes. Do total de respondentes, 16 cursavam o Fisioterapia (46%) e 19 cursavam Enfermagem (54%). A idade média dos participantes foi de $19 \pm 4,55$ anos, sendo 26 (76%) do sexo feminino e 8 (24%) do sexo masculino. A maioria dos estudantes (94%, $n = 32$) cursava o segundo ano e a minoria estava no quarto ano (6%, $n = 2$) da graduação.

O GJ foi composto por 40 estudantes que aceitaram participar da pesquisa. Levando em consideração a incompletude dos questionários, a caracterização da amostra foi feita com base nos respondentes. Do total de respondentes, 21 cursavam o Fisioterapia (54%) e 18 cursavam Enfermagem (46%). A idade média dos participantes foi de $19 \pm 1,60$ anos, sendo 34 (89%) do sexo feminino e 4 (11%) do sexo masculino. A maioria dos estudantes (93%, $n = 37$) cursava o segundo ano e a minoria estava no terceiro ano (7%, $n = 3$) da graduação.

O JTS foi utilizado como uma ferramenta educacional para reforçar a aprendizagem de um assunto já trabalhado em uma aula teórica. Sendo assim, foi aplicado em aulas práticas 3 dias após a aula teórica sobre TS. No mesmo dia da aula teórica, os alunos responderam a um pré-teste e foram convidados a participar da pesquisa e, aqueles que aceitaram, assinaram o TCLE.

A aula teórica durou cerca de 2,5 horas, com um intervalo de 15 min no meio deste tempo. O objetivo foi abordar os principais conceitos de TS, as diferenças SQ e SE, e exemplificar esses conceitos com exemplos aplicados breves, como farmacológicos. No final da aula, os alunos foram instruídos a baixar um aplicativo

que seria usado para o jogo na classe seguinte e receberam um estudo dirigido com questões para estudo (questões abertas, diferentes daquelas do APP/jogo).

Para a aplicação do jogo, a turma foi dividida em 3 turmas menores, que puderam jogar durante 1h cada. Em cada aula, os alunos foram alocados em grupos de 2 ou 3 pessoas para jogar. Em seguida, foram instruídos sobre as regras do jogo antes de iniciá-lo. Depois de terminar a atividade, os alunos responderam um questionário de percepção sobre o jogo e responderam o pós-teste imediato. Quinze dias após, responderam um pós-teste tardio.

3.2.2 Estudo 2 – Modelos 3D de sinapse

3.2.2.1 Desenvolvimento e produção

Os modelos 3D utilizados neste trabalho foram criados e desenvolvidos em parceria com o professor Cláudio Felipe Kolling da Rocha, e foram modelados no software Fusion 360 e impressos em ácido poli láctico (PLA) de múltiplas cores, com uma Impressora 3D (Marca Tarântula). Após a impressão, foi verificada a qualidade final das peças e as peças de baixa qualidade foram corrigidas e reimpressas, enquanto as peças de qualidade apropriada foram mantidas para serem validadas. No final do processo, no total foram mais de 250 horas de impressão e 1806,32 gramas de plástico. A partir disso, foi obtido um kit de quebra-cabeças 3D de Sinapse (qc3Ds) constituído por 47 peças, listadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista das peças contidas em um kit do quebra-cabeças 3D de Sinapse.

Número da peça	Descrição	Quantidade
1	Botão Sináptico	2
2	Membrana com junções comunicantes	1
3	Seta indicando chegada do PA	1
4	Seta indicando dispersão do PA	1
5	Seta para indicar o fluxo de íons	3
6	Pedaço de membrana	3
7	Vesícula aberta	1
8	Vesícula fechada	1

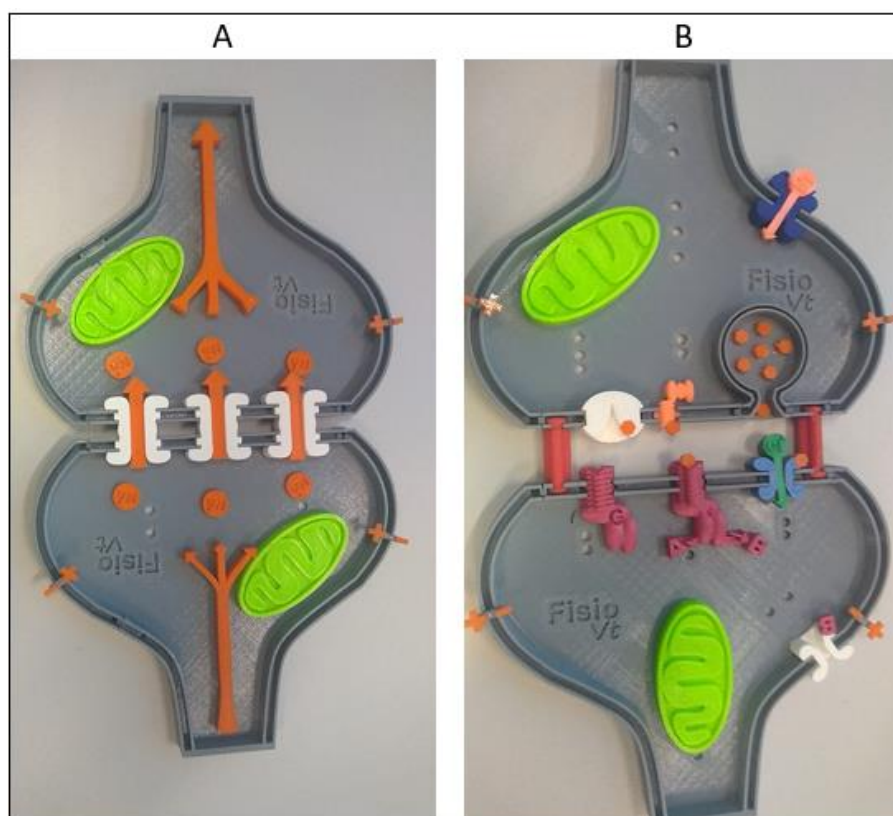
9	Mitocôndria	2
10	Sinal +/-	4
11	Canal de Ca ²⁺ dV aberto	1
12	Canal de Ca ²⁺ dV fechado	1
13	Receptor pré-sináptico ligado ao NT	1
14	Receptor pré-sináptico não ligado ao NT.	1
15	Recaptador de NT	1
16	Proteína de ancoragem	2
17	Receptor ionotrópico aberto	1
18	Receptor ionotrópico fechado	2
19	Receptor ionotrópico ligado ao 2º mensageiro fechado	1
20	Receptor ionotrópico ligado ao 2º mensageiro aberto	1
21	Receptor metabotrópico ativo	1
22	Receptor metabotrópico inativo	1
23	Seta indicando fluxo de Na ⁺	1
24	Seta indicando fluxo de Ca ²⁺	1
25	Seta indicando fluxo de K ⁺	1
26	Seta indicando fluxo de Cl ⁻	1
27	NT	4
28	Íons Na ⁺	6
Total		47

PA = potencial de ação, dV = dependente de voltagem; NT = neurotransmissor. Fonte: próprio autor (2018).

Os modelos 3D foram impressos de forma que possam ser montados pelos estudantes, envolvendo a habilidade de reconhecer cada um dos elementos e correlacioná-los para organização de uma sinapse. O objetivo do uso dos modelos tridimensionais é contemplar as principais diferenças morfológicas e funcionais entre sinapses químicas e elétricas, tornando o ensino deste conteúdo mais visual, ativo e dinâmico.

A aula com uso do qc3Ds foi ministrada com a utilização de um Protocolo de Aplicação (apêndice F). O Protocolo de Aplicação é dividido em 2 etapas, SE e SQ, sendo que, dentro de cada uma delas é indicado ao aluno os materiais que serão utilizados (apontando quais são os componentes necessários) e são fornecidas instruções para a execução da atividade (apontando as fases do processo que devem ser seguidas, em ordem). Seguindo as instruções os alunos devem ir montando a sinapses para exemplificar cada etapa e fotografar cada uma. Após, as fotos devem ser adicionadas ao protocolo e enviadas ao professor, como parte do processo avaliativo da aula. Na Figura 7, podem ser vistos exemplos de como os dois tipos de sinapse ficam montadas no final do protocolo.

Figura 7 – Quebra-cabeças 3D de Sinapses.



Modelo 3D de Sinapse Elétrica (A) e de Sinapse Química (B). Fonte: próprio autor (2019).

O protocolo inicia com a montagem de uma SE, devido ao menor nível de complexidade. Para isso, o aluno deve fazer uso do protocolo, que acompanha uma legenda do significado das peças (apêndice G). Assim, o primeiro passo é a identificação dos componentes necessários para a SE, indicados no protocolo e

mostrados na legenda. A partir disso, os alunos devem seguir para a execução, onde são montadas as fases indicadas no protocolo. As fases indicadas no protocolo para SE são: sinapse em repouso; chegada do potencial de ação no terminal pré-sináptico; aumento da concentração de sódio no terminal pré-sináptico; passagem de sódio para o terminal pós-sináptico e distribuição do potencial ao longo da célula pós-sináptica, nesta ordem. Ainda, os alunos devem, ao final da atividade, repetir o processo no sentido inverso, ilustrando a bidirecionalidade da SE. Foi escolhido o íon sódio para exemplificar a passagem de íons pelas junções comunicantes.

Após a montagem da SE, os alunos passam a montar a SQ. Da mesma forma que na etapa anterior, os estudantes devem identificar os componentes necessários para a SQ, indicados no protocolo e mostrados na legenda. Após a identificação, os alunos devem seguir para a execução das fases indicadas no protocolo, que são: sinapse em repouso; chegada do potencial de ação no terminal pré-sináptico; abertura dos canais de cálcio dependentes de voltagem, com influxo de cálcio; fusão das vesículas de neurotransmissor com a membrana pré-sináptica; abertura do receptor ionotrópico e ativação do receptor metabotrópico, ativação do receptor pré-sináptico e recaptação de neurotransmissor; potencial pós-sináptico pelo fluxo de sódio via receptor ionotrópico; potencial pós-sináptico pelo fluxo de potássio via receptor ionotrópico; potencial pós-sináptico pelo fluxo de cloreto via receptor ionotrópico; abertura do canal iônico regulado por segundo mensageiro; potencial pós-sináptico pelo fluxo de sódio via canal iônico regulado por segundo mensageiro; potencial pós-sináptico pelo fluxo de potássio via canal iônico regulado por segundo mensageiro; potencial pós-sináptico pelo fluxo de cloreto via canal iônico regulado por segundo mensageiro. Os íons sódio, potássio, cloreto e cálcio foram escolhidos para exemplificar potenciais pós-sinápticos, os quais devem ser demonstrados indicando influxo ou efluxo do íon pelos canais pedidos no protocolo, tal como o potencial de membrana gerado por cada um.

3.2.2.2 Aplicação em Sala de Aula

3.2.2.2.1 Universidade Feevale

O qc3Ds foi aplicado na disciplina de Fisiologia I, com alunos dos cursos de Fisioterapia, Enfermagem, Biomedicina, Farmácia e Quiropraxia na universidade Feevale. A aula teórica sobre TS se deu na forma de 3 videoaulas que totalizaram 57 minutos, gravadas pelo professor da disciplina e disponibilizadas aos alunos pelo ambiente virtual de aprendizagem da instituição. Os 3 vídeos foram divididos em SE, SQ e Potenciais Pós-sinápticos, abordando os principais conceitos de TS, as diferenças SQ e SE, a importância dos potenciais pós-sinápticos e a aplicação desses conceitos. Dessa forma, foi explicado aos alunos que eles deveriam assistir os vídeos para a atividade da semana seguinte e que receberiam um protocolo (Apêndice F) e um documento com a legenda das peças para a aula prática, os quais deveriam trazer impressos ou nos seus dispositivos móveis (celular, *tablet* ou computador).

O grupo controle da Universidade Feevale foi composto por 64 estudantes. Levando em consideração a incompletude dos questionários, a caracterização da amostra foi feita com base nos respondentes. Do total de respondentes, 21 (34%) cursavam Enfermagem, 17 (28%) Fisioterapia, 8 (13%) Biomedicina, 6 (10%) Quiropraxia e 9 (15%) Farmácia. A idade média dos participantes foi de $22 \pm 5,02$ anos, sendo 50 (82%) do sexo feminino e 11 (18%) do sexo masculino. Vinte e seis (43%) deles estavam no segundo semestre, 20 (33%) no terceiro, 7 (11%) no quarto e 8 (13%) no quinto semestre do curso.

O grupo 3D da Universidade Feevale foi composto por 59 estudantes. Levando em consideração a incompletude dos questionários, a caracterização da amostra foi feita com base nos respondentes. Do total de respondentes, 21 (37%) cursavam Enfermagem, 16 (28%) Fisioterapia, 7 (12%) Biomedicina, 6 (11%) Quiropraxia e 7 (12%) Farmácia. A idade média dos participantes foi de $22 \pm 5,18$ anos, sendo 46 (81%) do sexo feminino e 11 (19%) do sexo masculino. Vinte e seis (46%) deles estavam no segundo semestre, 19 (33%) no terceiro, 7 (12%) no quarto e 5 (9%) no quinto semestre do curso.

No dia da atividade estavam presentes a professor da disciplina e 1 estudante monitor para auxiliar. No início da aula os alunos foram instruídos sobre como a atividade seria realizada e foram alocados em grupos de até 4 pessoas. Um *kit* com todas as peças necessárias para montar os dois tipos de sinapse foi entregue a cada um dos grupos. A partir disso, os alunos deveriam se guiar pelo protocolo e pela legenda das peças para cumprir o desafio, tendo um total de 3 horas/aula para realizá-lo. No protocolo, os alunos receberam, de forma escrita, as instruções de como realizar a atividade. Depois de terminar a atividade, os alunos responderam um questionário de percepção sobre o jogo e responderam o pós-teste imediato. Quinze dias após, responderam um pós-teste tardio.

Para o grupo controle foi aplicado o mesmo teste de percepção sobre metodologias de ensino descrito no tópico Instrumentos de avaliação.

3.2.2.2.2 Unipampa

O qc3Ds foi aplicado na disciplina de Fisiologia Humana I, com alunos dos cursos de Fisioterapia e Enfermagem, uma semana após a aula teórica sobre TS. No mesmo dia da aula teórica os alunos foram convidados a participar da pesquisa e, aqueles que aceitaram, assinaram um TCLE.

A caracterização do grupo controle da Unipampa está descrita no Estudo 1 – Jogo de Tabuleiro, no tópico Caracterização da Amostra.

O grupo 3D da Unipampa foi composto por 32 estudantes. Levando em consideração a incompletude dos questionários, a caracterização da amostra foi feita com base nos respondentes. Do total de respondentes, 16 (52%) cursavam Enfermagem, e 15 (48%) cursavam Fisioterapia. A idade média dos participantes foi de $21 \pm 7,16$ anos, sendo 27 (87%) do sexo feminino e 4 (13%) do sexo masculino. Vinte e oito (90%) alunos estavam no primeiro semestre, 1 (3%) no terceiro, 1 (3%) no quarto.

A aula teórica durou cerca de 2,5 horas, com um intervalo de 15 min no meio deste tempo. O objetivo da aula foi abordar os principais conceitos de TS, as diferenças SQ e SE, e exemplificar esses conceitos com exemplos aplicados breves, como farmacológicos. Antes da aula teórica, os alunos responderam um pré-teste

sobre o assunto, e os testes daqueles que aceitaram participar da pesquisa foram tabulados para análise dos dados. No final da aula os alunos foram informados que receberiam por e-mail um protocolo (apêndice F) e um documento com a legenda das peças para a próxima aula (apêndice G), os quais deveriam trazer impresso ou nos seus dispositivos móveis (celular, tablet ou computador).

No dia da atividade estavam presentes a professora da disciplina e 4 estudantes monitores para auxiliar. Os alunos foram instruídos sobre como a atividade seria realizada e foram alocados em grupos de até 5 pessoas. Então, um kit com todas as peças necessárias para montar os dois tipos de sinapse foi entregue a cada um dos grupos. A partir disso, os alunos deveriam se guiar pelo protocolo e pela legenda das peças para cumprir o desafio, tendo um total de 4 horas/aula para realizá-lo. No protocolo, os alunos receberam, de forma escrita, as instruções de como realizar a atividade. Para a execução da atividade os alunos deveriam seguir as etapas listadas no protocolo e registrar através de fotos de cada etapa, para posteriormente adicionar ao protocolo e enviar ao professor.

Depois de terminar a atividade, os alunos responderam a um questionário de percepção sobre o uso do qc3Ds e ao pós-teste imediato. Quinze dias após, os alunos foram submetidos a um pós-teste tardio (junto à prova teórica).

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Todos os dados foram inicialmente testados para normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. A hipótese de normalidade foi refutada em todas as situações, sendo essa uma afirmativa razoável considerando-se a natureza dos dados. Os escores de desempenho foram comparados entre grupos (controle vs intervenção – jogo ou 3D) e ao longo do tempo (pré-teste, pós-teste e prova). Para tal, inicialmente utilizamos o teste de Kruskal-Wallis para verificar a presença de diferença entre os grupos. Após seguiu-se a avaliação por pares (*pairwise comparison*), que consiste em testes de Mann-Whitney entre os pares. O uso repetido do teste de Mann-Whitney causa aumento considerável do erro de tipo 1, sendo necessária a correção da significância pela correção de Bonferroni. Essa análise é realizada automaticamente pelo software SPSS 25 da IBM, utilizado neste trabalho.

Na apresentação dos resultados, a avaliação de conhecimentos dos estudantes é ilustrada na forma de um *box plot*. No eixo X do gráfico, são indicados os grupos (controle e teste) em relação ao tempo. No eixo Y serão indicados os índices de acertos e de chutes, nos gráficos de avaliação de conhecimentos e de confiança, respectivamente. O índice de acertos diz respeito a média de acertos dos estudantes nos testes, em um intervalo entre 0 e 1, onde 0 indica nenhum acerto e 1 indica o acerto de todas as questões. O índice de chutes, da mesma forma, indica a média de chutes nos testes, onde 0 indica que o estudante não chutou e 1 indica que chutou todas as alternativas, sendo que, o índice de chutes é inversamente proporcional à confiança demonstrada pelos alunos nos testes.

O Estudo 2 – Modelo 3D foi realizado na Universidade Feevale e na Unipampa, dados que foram analisados de forma separada. Os resultados das duas universidades não foram comparados entre si de forma estatística devido às diferenças de metodologias utilizadas em conjunto com o qc3Ds (na Unipampa, aula teórica e, na Universidade Feevale, videoaula). Além disso, as populações são muito heterogêneas entre si, dificultando a comparação estatística. No entanto, na análise e discussão dos resultados, os resultados serão comparados de forma qualitativa, apontando os vieses dessa comparação.

Na apresentação dos resultados, a linha central das barras indica as medianas dos resultados obtidos nos testes (pré, pós e prova) tanto no GC quanto nos GJ e G3D. A barra, por inteiro, indica a amplitude interquartílica dos dados, sendo possível visualizar na parte superior o terceiro quartil e, na parte inferior, o primeiro quartil. Também, é possível visualizar os valores mínimo e máximo de cada grupo, indicados pelos intervalos inferiores e superiores à barra, respectivamente. As esferas mostradas nos gráficos simbolizam os *outliers*. Na descrição dos resultados, todos os dados são apresentados na forma de mediada [intervalo interquartil 25-75], seguidos do valor do teste e sua significância.

Para a avaliação da percepção dos estudantes sobre o JTS ou sobre o qc3Ds, os resultados relativos às perguntas fechadas são apresentados na forma de Frequência Absoluta a partir dos dados e Frequência Relativa, calculada. Para avaliação dos resultados sobre as metodologias de aprendizagem nos grupos controle, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney para amostras não-pareadas. Os

valores das opiniões dos alunos sobre gostar e aprender com determinada metodologia foram expressos por mediana, intervalo interquartil 25 e 75.

4 RESULTADOS

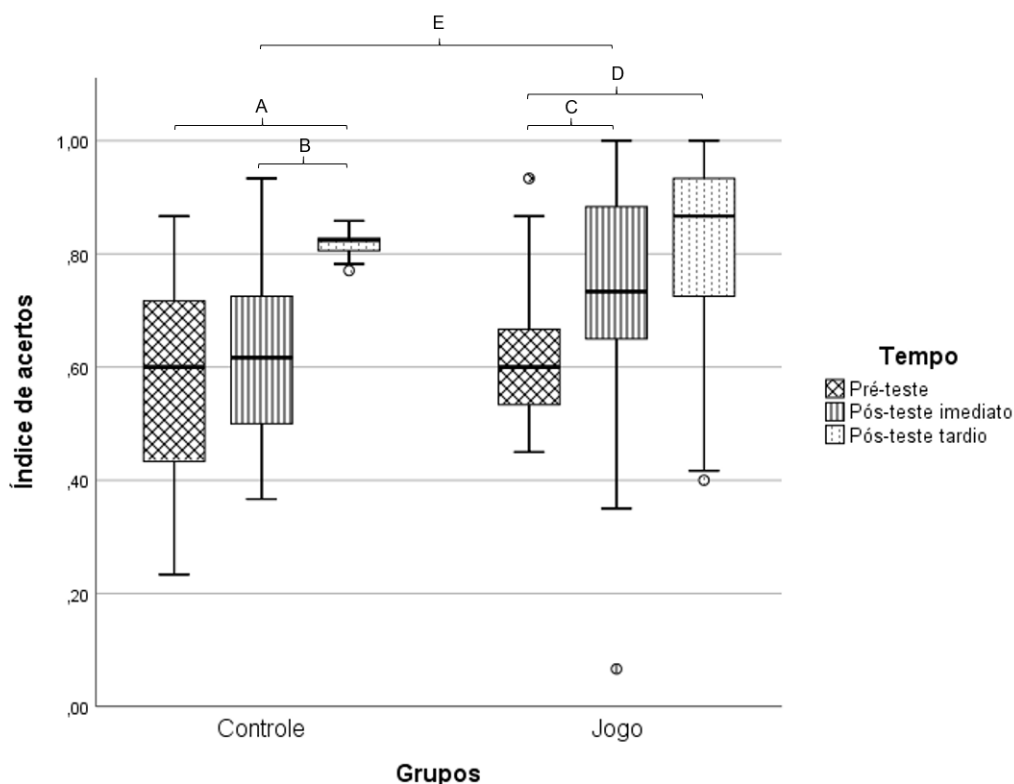
4.1 ESTUDO 1 – JOGO “TABULEIRO SINÁPTICO”

4.1.1 Avaliação de conhecimento dos estudantes

Houve diferença significativa entre os grupos jogo e controle nos diferentes tempos de testagem ($H = 70,347$; $gl=5$; $p < 0,0001$).

De forma a avaliar se os grupos eram inicialmente semelhantes, GC e GJ foram comparados no momento do pré-teste, quando verificamos que o GJ [0,60 (0,53-0,66); $n = 34$] e o GC (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) não eram diferentes entre si ($U = -12,118$, $gl = 1$, $p = 1,000$; Figura 8). No pós teste imediato, foi demonstrada diferença significativa entre GC (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) e GJ (0,76 [0,65-0,91]; $n = 35$) ($U = -43,142$, $gl = 1$, $p = 0,038$; Figura 8-E). Já no pós-teste tardio, não houve diferença significativa entre GC (0,82 [0,80-0,83]; $n = 34$) e GJ (0,86 [0,72-0,93]; $n = 36$) ($U = -3,357$, $gl = 1$, $p = 1,000$; Figura 8).

Figura 8 – Índice de acertos nos testes de conhecimento aplicados antes e após as atividades.



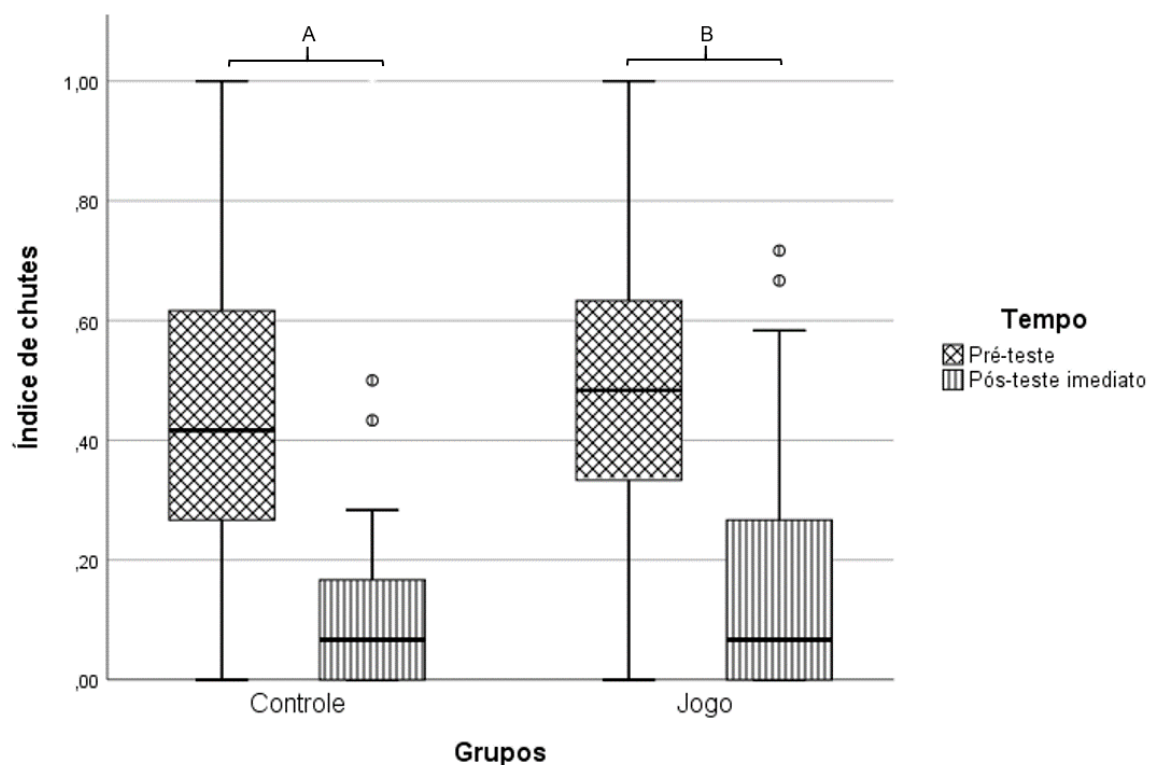
Desempenho dos estudantes nos testes realizados ao longo do tempo. Os dados são apresentados em mediana, indicada pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; ainda, as esferas indicam os valores *outliers*. Em ambos os grupos houve melhora dos índices de acertos: no grupo controle no pós-teste tardio (A) em relação ao pré-teste ($p < 0,0001$), e em relação ao pós-teste imediato (B) ($p < 0,0001$); já no GJ houve diferença entre o pré-teste e o pós-teste imediato (C) ($p = 0,016$) e entre o pré-teste e o pós-teste tardio (D) ($p = 0,016$). Entre os grupos, houve diferença somente no pós-teste imediato (E; $p = 0,038$). Fonte: próprio autor (2019).

Os grupos também foram avaliados de acordo com o tempo. No GC, não houve diferença significativa entre o índice de acertos no pós-teste imediato (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) em relação ao pré-teste (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) ($U = -16,103$; $gI = 1$, $p = 1,000$; Figura 8). Observamos que os alunos do GC (0,82 [0,80-,83]; $n = 34$) apresentaram um aumento do índice de acertos no pós-teste tardio maior que o pré-teste (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) ($U = -84,941$; $gI = 1$, $p < 0,0001$; Figura 8-A). Ainda, houve um aumento do índice de acertos entre o pós-teste imediato (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) e tardio (0,82 [0,80-,83]; $n = 34$) ($U = -83,838$; $p < 0,0001$; Figura 8-B).

Já no GJ, observamos um aumento do índice de acertos no pós-teste imediato (0,76 [0,65- 0,91]; $n = 35$) em comparação ao pré-teste deste grupo (0,60 [0,53-0,66] $n = 34$) ($U = -47,128$; $p = 0,016$; Figura 8-C). Também houve um aumento do índice de acertos no pós-teste tardio (0,86 [0,72-0,93]; $n = 36$) em comparação ao pré-teste (0,60 [0,53-0,66] $n = 34$) ($U = -76,181$; $p < 0,0001$; Figura 8-D). Não houve diferença entre os índices de acertos obtidos nos no pós-teste imediato (0,76 [0,65- 0,91]; $n = 35$) em relação ao tardio (0,86 [0,72-0,93]; $n = 36$) ($U = -29,052$; $p = 0,604$; Figura 8).

Adicionalmente, observamos uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,06 [0,00-0,16], $n = 35$) em relação ao pré-teste (0,41 [0,26-0,63]; $n = 34$) ($U = 52,032$; $p < 0,0001$; Figura 9) no GC. Da mesma forma, no GJ, houve uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,06 [0,00-0,28], $n = 39$) em relação ao pré-teste (0,48 [0,32-0,64]; $n = 34$) ($U = 53,009$; $p < 0,0001$; Figura 9).

Figura 9 – Índice de chutes dos grupos de alunos que participaram da aula teórica e do jogo.



Índice de chutes nos testes de conhecimentos realizados antes e logo após a aula teórica ou a aula teórica seguida pelo JTS. Os dados são apresentados em mediana, indicada pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; as esferas indicam os valores *outliers*. Em ambos os grupos houve diminuição do índice de chutes no pós-teste imediato em comparação ao pré-teste no GC (A; $p < 0,0001$) e no GJ (B, $p < 0,0001$). Fonte: próprio autor (2019).

4.1.2 Avaliação da percepção dos estudantes

Os resultados desta etapa da pesquisa foram publicados na revista *Advances in Physiology Education* em 2019 (anexo C).

4.1.2.1 Grupo Controle

Na Unipampa, 51% consideraram seu desempenho bom, 31% consideraram regular, 11% consideraram ótimo e 3% consideraram ruim. Ao serem perguntados sobre a adequabilidade da aula teórica para o conteúdo de TS, 49% dos alunos

julgou a metodologia como muito adequada, 46% como adequada e 2% como pouco adequada (tabela 3).

Os alunos também foram indagados sobre a efetividade do uso da aula teórica para atingir os objetivos de aprendizagem no conteúdo de TS. Na Unipampa, 57% acredita ter atingido os objetivos de aprendizagem, 23% acha que atingiu pouco, 14% tem certeza de que os atingiu, e 6% não tem uma opinião formada sobre o assunto.

Tabela 3 – Autoavaliação na disciplina e opinião sobre o uso da Aula Teórica.

Pergunta	Objetivo	Respostas	Resumo das respostas Unipampa n (%)
1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?	Verificar a autocrítica dos alunos em relação ao seu desempenho em fisiologia.	Ótimo	4 (11%)
		Bom	18 (51%)
		Regular	11 (31%)
		Ruim	1 (3%)
		NR	1 (3%)
2. Como você classificaria a metodologia utilizada para abordar este assunto (aula teórica)?	Verificar a opinião dos alunos sobre a adequabilidade da aula teórica para o conteúdo de TS.	Muito adequada	17 (49%)
		Adequada	16 (46%)
		Pouco adequada	2 (6%)
		Inadequada	0 (0%)
		Sem opinião formada	0 (0%)
3. Com a metodologia aplicada, você acha que atingiu os objetivos de aprendizagem?	Verificar a opinião dos alunos sobre a efetividade do uso da aula teórica para o conteúdo de TS	Com certeza	5 (14%)
		Sim	20 (57%)
		Pouco	8 (23%)
		Não	0 (0%)
		Sem opinião formada	2 (6%)
		NR	NA.

Estatística descritiva para autoavaliação dos estudantes sobre desempenho na disciplina e opinião sobre aula teórica. Dados expressos em frequência relativa e absoluta. NA = não se aplica. NR = não respondentes Fonte: próprio autor.

Para avaliação dos resultados sobre as metodologias de aprendizagem, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney para amostras não pareadas. Os valores das

opiniões dos alunos sobre gostar e aprender com determinada metodologia foram expressos por mediana e intervalos interquartil 25 e 75, obtendo os resultados expostos na tabela 4.

Tabela 4 – Percepção dos estudantes da Unipampa sobre metodologias de ensino.

MEA	Unipampa (n=35)					
	Gostar			Aprender		
	Md	IQ25	IQ75	Md	IQ25	IQ75
AT	4	3	4	4	3	4
SE	3	2	3	3	2	4
ED	4	3	4	4	4	4
APA	3	1	4	3	0	4
APT	3	3	4	4	3	4

Estatística descritiva da percepção dos estudantes sobre metodologias de ensino. Dados apresentados em mediana (Md) e intervalos interquartis 25 (IQ25) e 75 (IQ75). MEA= Metodologia de ensino-aprendizagem. AT = aula teórica. SE = seminário. ED = estudo dirigido. APA = aula prática com uso de animais. APT: aula prática com uso de recursos tecnológicos. Fonte: próprio autor.

Os alunos indicaram gostar muito e aprender muito com aula teórica e estudo dirigido. Além disso, demonstraram gostar e achar que aprender de forma intermediária quando às metodologias seminário e aula prática com uso de animais. Ainda, mostram gostar de aula prática com uso de recursos tecnológicos e acham que aprendem muito com essa metodologia.

4.1.2.2 Grupo Teste

Considerando o desempenho autoavaliado na disciplina de Fisiologia Humana I, 68% dos alunos acreditam que ele foi bom ou ótimo, e 33% que foi regular (Tabela 5).

Tabela 5 – Opinião dos estudantes quanto ao JTS.

Pergunta	Objetivo	Respostas	Resumo das respostas n (%)
1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?	Verificar a autocrítica dos alunos em relação ao seu	Ótimo	2 (5%)
		Bom	25 (63%)
		Regular	13 (33%)
		Ruim	0 (0%)

	desempenho em fisiologia.		
2. Você acredita que o uso do JTS colaborou com o seu desempenho na disciplina de Fisiologia?	Verificar a opinião dos alunos sobre a contribuição do jogo na aprendizagem de TS.	Sim	40 (100%)
		Não	0 (0%)
3. Você acredita que a utilização de jogos didáticos colaborou com o seu desempenho em outras disciplinas do curso?	Verificar a opinião dos alunos sobre a contribuição do jogo no seu desempenho em outras disciplinas.	Sim	26 (65%)
		Não	13 (33%)
		NR	1 (2%)
4. Você acha que o JTS contribuiu para o entendimento e compreensão do conteúdo?	Verificar a contribuição do JTS na compreensão sobre TS.	Sim	40 (100%)
		Não	0 (0%)
5. Você acha que o JTS é uma ferramenta interessante para usar no ensino de Fisiologia?	Verificar a opinião dos alunos sobre a eficácia da JTS como ferramenta para o ensino de Fisiologia.	Sim	40 (100%)
		Não	0 (0%)
6. Na sua opinião, as questões aplicadas antes e depois do uso dos o jogo contribuíram para o incremento da sua aprendizagem?	Verificar a opinião dos estudantes sobre a contribuição das questões aplicadas nos pré e pós testes para sua aprendizagem.	Sim	38 (95%)
		Não	1 (3%)
		NR	1 (2%)
7. Em sua opinião utilizar o jogo em sala de aula foi...(marque quantas opções quiser)	Verificar a opinião geral dos alunos sobre o JTS.	Importante para o seu entendimento dos conceitos de Fisiologia, complementando as aulas teóricas.	37 (93%)
		Essencial para o seu entendimento de Fisiologia, pois só com as aulas não conseguiu	8 (20%)

		acompanhar o conteúdo.	
		Divertido, pois proporcionou um momento informal de discussão coletiva do conteúdo nos grupos de trabalho.	33 (83%)
		Desnecessário, as aulas teóricas dariam conta do entendimento do conteúdo, sem necessidade do uso do jogo.	0 (0%)
8. Na sua opinião, usar jogos nas aulas de disciplinas como a FH... (marque quantas alternativas quiser)	Verificar a opinião dos alunos sobre o uso de jogos no curso de FH.	É interessante	29 (73%)
		Permite melhor compreensão dos conteúdos trabalhados na aula.	36 (90%)
		É divertido.	30 (75%)
		Instiga a curiosidade e vontade de entender mais sobre Fisiologia.	29 (73%)
		É chato.	0 (0%)
9. Você recomendaria a outros professores utilizar jogos didáticos em suas aulas?	Verificar a percepção dos alunos sobre a aplicabilidade dos jogos em outros cursos.	Sim.	38 (95%)
		Não.	1 (2,5%)
		NR	1 (2,5%)
10. Atribua uma nota de 0 a 10 para o uso do jogo JTS	Avaliar a visão dos participantes quanto ao JTS.		9.39 ± 0.86

Estatística descritiva para autoavaliação dos estudantes sobre desempenho na disciplina e opinião sobre aula teórica. Dados expressos em frequência relativa e absoluta para as perguntas fechadas (Q1 – Q9: questões 1 a 9). Na questão 10, a média e o desvio padrão estão presentes. NA = não se aplica. NR = não respondentes Fonte: próprio autor.

Os resultados mostram que todos os estudantes consideram que o JTS contribui para o entendimento e aprendizado do conteúdo de TS (tabela 5). Além disso, 65% dos estudantes também considera que o jogo colaborou com seu

desempenho em outras disciplinas do curso, citando histologia humana, anatomia, línguas, biomecânica e farmacologia.

Todos os alunos concordaram que o JTS contribuiu para a compreensão do conteúdo de TS e que é uma ferramenta interessante para o ensino de Fisiologia. Sobre as questões aplicadas antes e após a prática, 95% dos estudantes considera que elas contribuíram para seu aprendizado (tabela 5).

Ao final, a nota média atribuída pelos alunos para a atividade foi de $9,39 \pm 0,86$ (tabela 3). Ainda, nas questões abertas, alguns dos alunos citaram que o jogo em sala de aula “acarretou na discussão em grupo” e os fez “pensar no conteúdo de forma mais ampla”. Como críticas, os alunos consideraram o fato de as perguntas do jogo terem terminado e sugeriram inserir mais perguntas no banco de dados. Além disso, foi citada como melhoria necessária o fato do APP ocasionalmente travar durante o jogo, o que pode estar relacionado com questões referentes à qualidade de acesso à internet.

4.2 ESTUDO 2 – MODELOS 3D DE SINAPSE

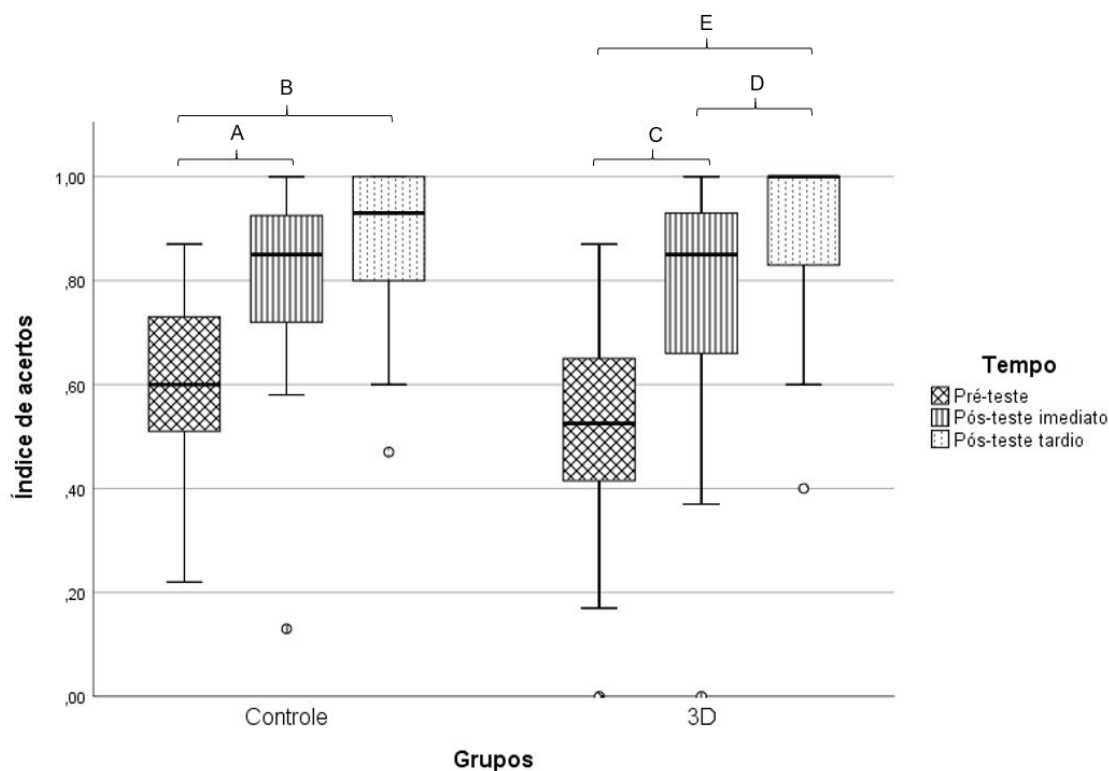
4.2.1 Avaliação de conhecimento dos estudantes

Como já citado na metodologia, este estudo foi realizado tanto na Universidade Feevale quanto na Unipampa. Por isso, serão mostrados primeiramente os resultados obtidos na Universidade Feevale e, em seguida, os resultados referentes a Unipampa.

Na Universidade Feevale, não houve diferença significativa quando comparamos o GC e G3D nos diferentes tempos ($H = 152,745$; $gl = 5$; $p < 0,0001$).

De forma a avaliar se os grupos eram inicialmente semelhantes, GC e G3D foram comparados no momento do pré-teste, e não foram identificadas diferenças entre o G3D (0,52 [0,40-0,65]; $n = 64$) e o GC (0,60 [0,50-0,73]; $n = 48$) ($U = 26,409$; $p = 1,000$; Figura 10). No pós teste imediato também não foi encontrada diferença significativa entre GC (0,85 (0,72-0,92); $n = 48$) e o G3D (0,85 [0,65-,93]; $n = 64$) ($U = 19,802$; $p = 1,000$). Da mesma forma, no pós-teste tardio não houve diferença significativa entre GC (0,93 [0,78-1,00]; $n = 45$) e G3D (1,00 [0,83-1,00]; $n = 63$) ($U = -19,332$; $p = 1,000$; Figura 10).

Figura 10 – Avaliação de conhecimentos dos alunos da Universidade Feevale que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes aplicados ao longo do tempo.



Desempenho dos estudantes nos testes de conhecimento aplicados ao longo do tempo. Os dados são apresentados na forma de mediana, indicada pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; as esferas indicam os valores *outliers*. O grupo controle melhorou seus índices de acertos em comparação ao pré-teste no pós-teste imediato (A) ($p < 0,0001$) e no pós-teste tardio (B) ($p < 0,0001$). Da mesma forma o G3D melhorou seus índices de acertos em comparação ao pré-teste no pós-teste imediato (C) ($p < 0,0001$) e no pós-teste tardio (E) ($p < 0,0001$). No G3D houve ainda melhora do índice de acertos no pós-teste tardio em comparação ao pós-teste imediato (D) ($p = 0,001$). Fonte: próprio autor (2019).

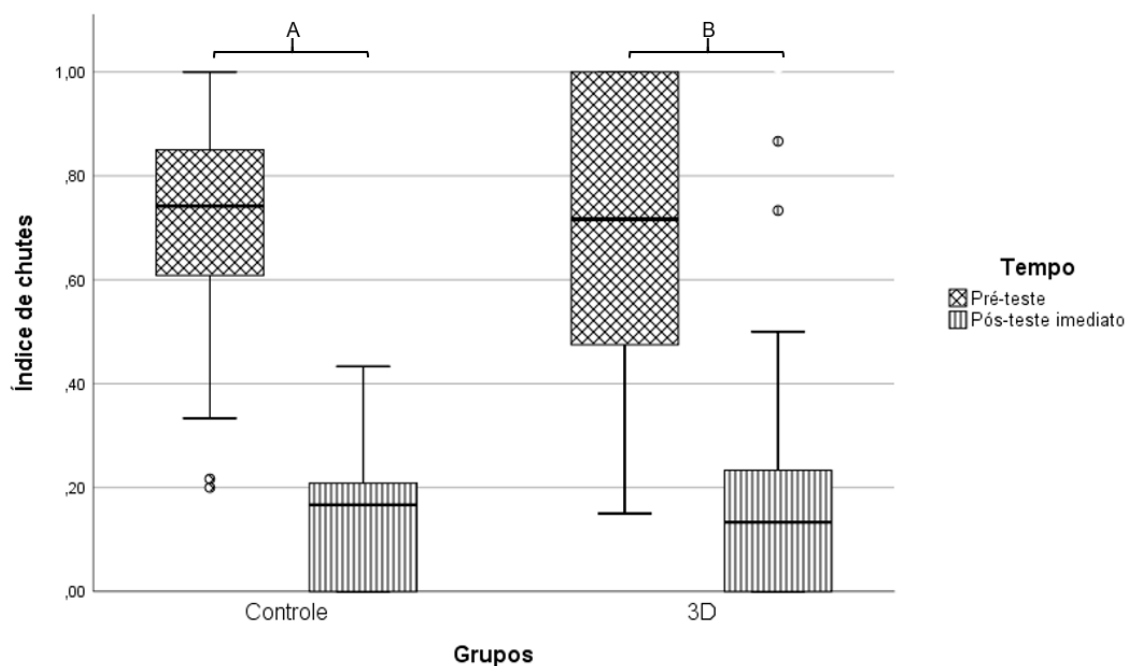
Os grupos também foram avaliados de acordo com o tempo. Observamos que houve um aumento do índice de acertos no pós-teste imediato do GC (0,85 (0,72-0,92); $n = 48$) em comparação ao pré-teste (0,85 (0,72-0,92); $n = 48$) ($U = -98,354$; $p < 0,0001$; Figura 10-A). Ainda, os alunos do GC apresentaram um aumento no índice

de acertos no pós-teste tardio (0,93 [0,78-1,00]; n = 45) em comparação com o pré-teste (0,60 [0,50-0,73]; n = 48) ($U = -127,342$; $p < 0,0001$; Figura 10-B).

Já no G3D, observamos um aumento do índice de acertos no pós-teste imediato (0,85 [0,65-,93]; n = 64) em relação ao pré-teste (0,52 [0,40-0,65]; n = 64) ($U = -104,961$; $p < 0,0001$; Figura 10-C). Também houve um aumento do índice de acertos pós-teste tardio (1,00 [0,83-1,00]; n = 63) em comparação ao pré-teste (0,52 [0,40-0,65]; n = 64) ($U = -173,083$; $p < 0,0001$; Figura 10-E). Adicionalmente, no G3D houve um aumento no índice de acertos no pós-teste tardio (1,00 [0,83-1,00]; n = 63) em comparação ao pós-teste imediato (0,85 [0,65-,93]; n = 64) ($U = -68,122$; $p = 0,001$; Figura 10-D).

Adicionalmente, observamos uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,16 [0,00-0,21]; n = 48) em comparação ao pré-teste (0,74 [0,60-0,85]; n = 48) ($U = -105,375$; $p < 0,0001$; Figura 11) no GC. Da mesma forma, no G3D, houve uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,13 [0,00-0,23], n = 64) em relação ao pré-teste (0,71 [0,47-1,00]; n = 64) ($U = -98,406$; $p < 0,0001$; Figura 11).

Figura 11 – Índice de chutes dos alunos da Universidade Feevale que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.



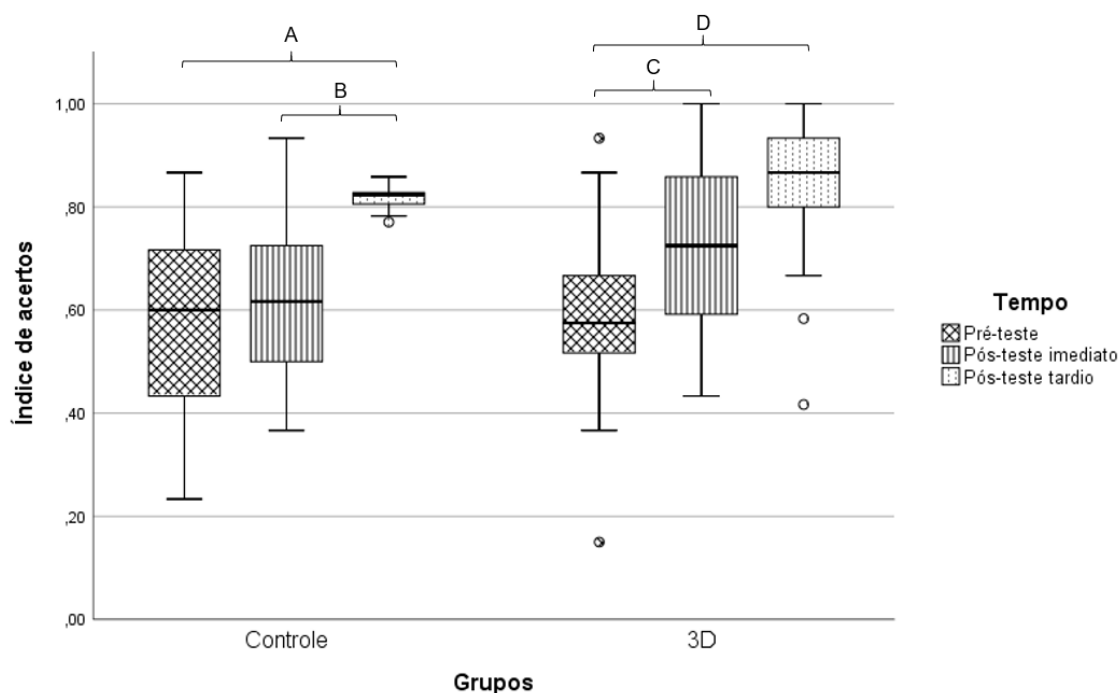
Índice de chutes nos testes de conhecimento realizados antes e logo após a aula teórica ou a aula com utilização do quebra cabeças 3D Os dados são apresentados na forma de mediana, indicada

pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; as esferas indicam os valores outliers. O índice de chutes diminuiu no pós-teste no GC (A; $p < 0,0001$) e no G3D (B, $p < 0,0001$). Fonte: próprio autor (2019).

Em seguida, serão descritos os resultados encontrados na Unipampa. Não houve diferença significativa quando comparamos o grupo controle e G3D nos diferentes tempos ($H = 70,976$; $gl = 5$; $p < 0,0001$).

De forma a avaliar se os grupos eram inicialmente semelhantes, o desempenho dos GC e G3D nos teste de conhecimento aplicado antes das atividades foi comparado: o G3D (0,57 [0,51-0,66]; $n = 32$) não apresentou diferença em relação ao GC (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) ($U = -1,661$; $p = 1,000$; Figura 12). No pós-teste imediato, também não houve diferença significativa entre GC (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) e G3D (0,72 [0,58-0,86]; $n = 32$) ($U = -28,948$; $p = 0,581$; Figura 12). No pós-teste tardio, também não houve diferença significativa entre GC (0,82 [0,80-0,83]; $n = 34$) e G3D (0,86 [0,80-0,93]; $n = 31$) ($U = -10,525$; $p = 1,000$; Figura 12).

Figura 12 – Avaliação de conhecimentos dos alunos da Unipampa que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma aula teórica seguida por uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.



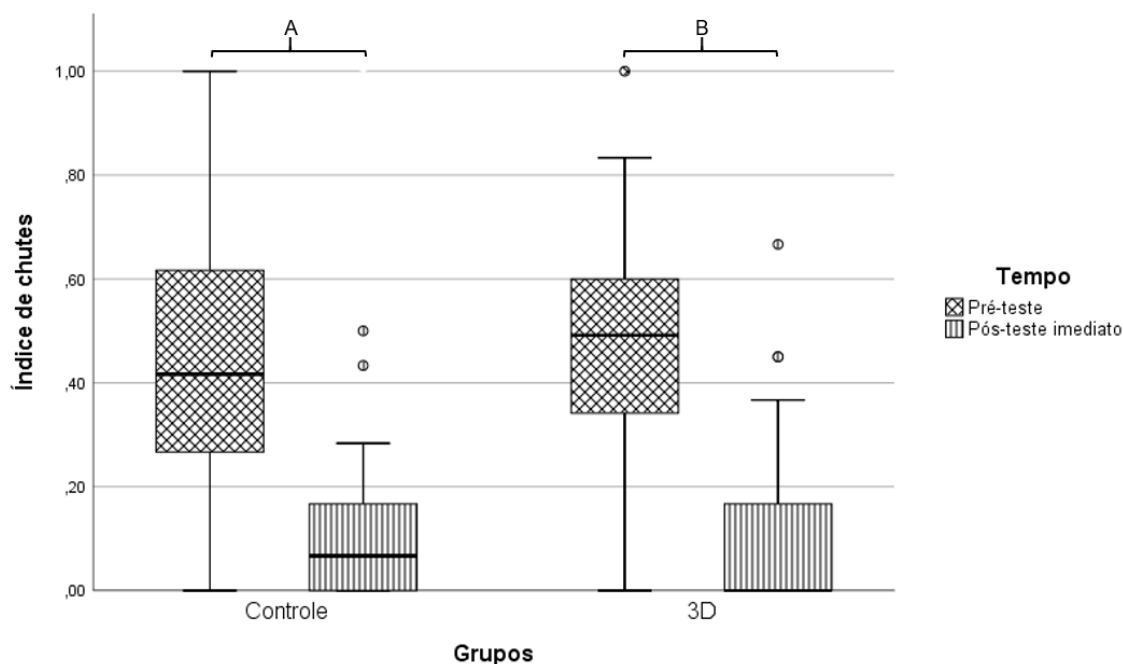
Desempenho dos estudantes nos testes de conhecimentos realizados ao longo do tempo. Os dados são apresentados na forma de mediana, indicada pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; as esferas indicam os valores *outliers*. Considerando os índices de acertos houve melhoria no desempenho do GC no pós-teste tardio em comparação ao pré-teste (A) ($p < 0,0001$) e ao pós-teste imediato (B) ($p < 0,0001$). Já no G3D houve melhora no desempenho no pós-teste imediato (C) ($p = 0,029$) e no pós-teste tardio (D) ($p < 0,0001$), em comparação ao pré-teste. Fonte: próprio autor (2019).

Os grupos também foram avaliados de acordo com o tempo. Observamos que os alunos do GC não apresentaram melhoria significativa no índice de acerto quando comparados o pré-teste (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) e o pós-teste imediato (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) ($U = -17,041$; $p = 1,000$). No entanto, apresentaram um aumento no índice de acertos no pós-teste tardio (0,82 [0,80-0,83]; $n = 34$) em comparação ao pré-teste (0,60 [0,43-0,71]; $n = 34$) ($U = -76,353$; $p < 0,0001$; Figura 12-A). Ainda, houve um aumento do índice de acertos entre o pós-teste tardio (0,82 [0,80-0,83]; $n = 34$) em relação ao pós-teste imediato (0,61 [0,50-0,73]; $n = 35$) ($U = -59,312$; $p < 0,0001$; Figura 12-B).

Já no G3D, observamos um aumento do índice de acertos no pós-teste imediato (0,72 [0,58-0,86]; $n = 32$) em relação ao pré-teste (0,57 [0,51-0,66]; $n = 32$) ($U = -44,328$; $p = 0,029$; Figura 12-C). Também houve um aumento do índice de acertos no pós-teste tardio (0,86 [0,80-0,93]; $n = 31$) em comparação ao pré-teste (0,57 [0,51-0,66]; $n = 32$) ($U = -85,217$; $p < 0,0001$; Figura 12-D).

Adicionalmente, observamos uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,06 [0,00-0,16], $n = 35$) em relação ao pré-teste (0,41 [0,26-0,62]; $n = 34$) ($U = 45,850$; $p < 0,0001$; Figura 13) no GC. Da mesma forma, no G3D, houve uma diminuição no número de chutes no pós-teste imediato (0,00 [0,00-0,16], $n = 32$) em relação ao pré-teste (0,49 [0,33-0,60]; $n = 31$) ($U = 56,969$; $p < 0,0001$; Figura 13).

Figura 13 – Índice de chutes dos alunos da Unipampa que participaram de uma aula teórica e de alunos que participaram de uma aula teórica seguida por uma atividade utilizando quebra cabeças 3D de Sinapse em testes realizados ao longo do tempo.



Índice de chutes nos testes de conhecimento realizados antes e logo após a aula teórica ou a aula com utilização do quebra cabeças 3D na Unipampa. Os dados são apresentados na forma de mediana, indicada pela linha preta, e intervalo interquartil, indicado pela barra, sendo a linha inferior o quartil 25 e a linha superior o quartil 75; os valores máximos e mínimos são indicados pelos intervalos superiores e inferiores à barra, respectivamente; ainda, as esferas indicam os valores *outliers*. Houve uma diminuição significativa no índice de chutes no GC (A; $p < 0,0001$) e no G3D (B, $p < 0,0001$). Fonte: próprio autor (2019).

4.2.2 Avaliação da percepção dos estudantes

4.2.2.1 Grupos Controle

A avaliação da percepção dos estudantes do grupo controle da Unipampa quanto à aula teórica e às metodologias de ensino é mostrada no Estudo 1 – jogo do TS. Isso ocorre pois o mesmo Grupo Controle foi utilizado para comparação com ambas as metodologias (Jogo e 3D) na Unipampa.

Na Universidade Feevale, 60% dos alunos consideraram seu desempenho na disciplina de fisiologia como bom, 31% como regular e 6% consideraram como ótimo. Ao serem perguntados sobre a adequabilidade da aula teórica para o conteúdo de TS 58% dos alunos julgou a metodologia como muito adequada, 35% como adequada, 2% como pouco adequada e 2 não tinham opinião formada sobre o assunto (tabela 6).

Os alunos também foram indagados sobre a efetividade do uso da aula teórica para atingir os objetivos de aprendizagem no conteúdo de TS. Na Universidade Feevale, 67% acredita ter atingido os objetivos de aprendizagem, 15% tem certeza de que os atingiu, 15% acha que atingiu pouco e 2% não tem uma opinião formada sobre o assunto (tabela 6).

Tabela 6 – Autoavaliação na disciplina e opinião sobre o uso da Aula Teórica.

Pergunta	Objetivo	Respostas	Resumo das respostas Feevale n (%)
1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?	Verificar a autocrítica dos alunos em relação ao seu desempenho em fisiologia.	Ótimo	3 (6%)
		Bom	29 (60%)
		Regular	15 (31%)
		Ruim	0 (0%)
		NR	1 (2%)
2. Como você classificaria a metodologia utilizada para abordar este assunto (aula teórica)?	Verificar a opinião dos alunos sobre a adequabilidade da aula teórica para o conteúdo de TS.	Muito adequada	28 (58%)
		Adequada	17 (35%)
		Pouco adequada	1 (2%)
		Inadequada	0 (0%)
		Sem opinião formada	2 (4%)
3. Com a metodologia aplicada, você acha que atingiu os objetivos de aprendizagem?	Verificar a opinião dos alunos sobre a efetividade do uso da aula teórica para o conteúdo de TS	Com certeza	7 (15%)
		Sim	32 (67%)
		Pouco	7 (15%)
		Não	0 (0%)
		Sem opinião formada	1 (2%)
		NR	1 (2%)

Estatística descritiva para autoavaliação dos estudantes sobre desempenho na disciplina e opinião sobre aula teórica. Dados expressos em frequência relativa e absoluta. NA = não se aplica. NR = não respondentes Fonte: próprio autor.

Para avaliação dos resultados sobre as metodologias de aprendizagem, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney para amostras não pareadas. Os valores das opiniões dos alunos sobre gostar e aprender com determinada metodologia foram expressos por mediana e intervalos interquartil 25 e 75, obtendo os resultados expostos na tabela 7.

Tabela 7 Percepção dos estudantes da Universidade Feevale sobre metodologias de ensino.

MEA	Universidade Feevale (n=48)					
	Gostar			Aprender		
	<i>Md</i>	<i>IQ25</i>	<i>IQ75</i>	<i>Md</i>	<i>IQ25</i>	<i>IQ75</i>
AT	4	3	4	4	4	4
SE	1	1	2	2	2	3
ED	3	3	3	4	3	4
APA	1	1	2	1	0	3
APT	3	2,25	4	4	2,25	4

Estatística descritiva da percepção dos estudantes sobre metodologias de ensino. Dados apresentados em mediana (*Md*) e intervalos interquartis 25 (*IQ25*) e 75 (*IQ75*). MEA= Metodologia de ensino-aprendizagem. AT = aula teórica. SE = seminário. ED = estudo dirigido. APA = aula prática com uso de animais. APT: aula prática com uso de recursos tecnológicos. Fonte: próprio autor.

Os alunos da Universidade Feevale indicaram gostar muito e aprender muito com aula teórica. Ainda, demonstraram gostar e aprender de forma intermediária com estudo dirigido. Além disso, indicaram não gostar de seminário e aula teórica com uso de animais, acreditando aprender pouco com a primeira e que a segunda não funciona. Quanto a aula prática com uso de recursos tecnológicos, mostraram gostar e acham que aprendem muito com essa metodologia.

Ao comparar os grupos, foi verificado que não houve divergências de opinião entre alunos de ensino público (Unipampa) e privado (Universidade Feevale) sobre as metodologias aula teórica e aula prática com recursos tecnológicos. Nas variáveis estudo dirigido (gostar $p = 0,0125$, $U = 1,111$; aprender $p = 0,0332$, $U = 1,071$), seminário (gostar $p = 0,0018$, $U = 1,178$; aprender $p = 0,0411$, $U = 1.061,5$) e uso de animais (gostar $p = 0,0044$, $U = 1,149$; aprender $p = 0,0024$, $U = 1.146,5$) houve

diferença significativa entre a percepção sobre gostar e aprender. Para as variáveis aula teórica (gostar $p = 0,8609$, $U = 859$; aprender $p = 0,2745$, $U = 721,5$) e aula prática com uso de recursos tecnológicos (gostar $p = 0,1542$, $U = 994,5$; aprender $p = 0,192$, $U = 981,5$) não houve diferença significativa.

4.2.2.2 Grupos Teste

Para as perguntas fechadas, a Frequência Absoluta foi obtida a partir dos dados e a Frequência Relativa foi calculada. Os resultados foram calculados com base nos respondentes e podem ser visualizados na tabela 8.

Tabela 8 – Opinião dos estudantes quanto aos Modelos 3D de Sinapse.

Pergunta	Objetivo	Respostas	Resumo das respostas Feevale n (%)	Resumo das respostas Unipampa n (%)
1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?	Verificar a autocrítica dos alunos em relação ao seu desempenho em fisiologia.	Ótimo	7 (11%)	5 (16%)
		Bom	32 (50%)	12 (38%)
		Regular	21 (33%)	14 (44%)
		Ruim	0 (0%)	0 (0%)
		NR	4 (6%)	1 (3%)
2. Você assistiu os vídeos?	Verificar se os alunos da Universidade Feevale assistiram as videoaulas antes da prática.	Sim, assisti todos.	25 (39%)	NA.
		Sim, em parte.	27 (42%)	NA.
		Não.	2 (3%)	NA.
		NR	10 (16%)	NA.
3. Você acredita que o uso de modelos 3D impressos aplicados ao conteúdo de Transmissão Sináptica colaborou com a compreensão do conteúdo na disciplina de Fisiologia?	Verificar a opinião dos alunos sobre a contribuição do qc3Ds na aprendizagem de TS.	Sim.	61 (95%)	30 (94%)
		Não.	0 (0%)	0 (0%)
		NR	3 (5%)	2 (6%)

4. Você acredita que a utilização dos Modelos 3D colaborou com o seu desempenho em outras disciplinas do curso?	Verificar a opinião dos alunos sobre a contribuição do qc3Ds no seu desempenho em outras disciplinas.	Sim	36 (56%)	15 (47%)
		Não	23 (36%)	16 (50%)
		NR	5 (8%)	1 (3%)
5. Você acha que a utilização dos Modelos 3D contribuiu para o entendimento e compreensão do conteúdo?	Verificar a contribuição do qc3Ds na compreensão sobre TS.	Sim	61 (95%)	31 (97%)
		Não	0 (0%)	0 (0%)
		NR	3 (5%)	1 (3%)
6. Você acha que os Modelos 3D são uma ferramenta interessante para usar no ensino de Fisiologia?	Verificar a opinião dos alunos sobre a eficácia do qc3Ds como ferramenta a para o ensino de Fisiologia.	Sim	61 (95%)	31 (97%)
		Não	0 (0%)	0 (0%)
		NR	3 (5%)	1 (3%)
7. Na sua opinião, as questões aplicadas antes e depois do uso dos Modelos 3D contribuíram para o incremento da sua aprendizagem ?	Verificar a opinião dos estudantes sobre a contribuição das questões aplicadas nos pré e pós testes para sua aprendizagem.	Sim	58 (91%)	31 (97%)
		Não	2 (3%)	0 (0%)
		NR	4 (6%)	1 (3%)
8. Em sua opinião utilizar modelos 3D em sala de aula foi...(marque quantas opções quiser)	Verificar a opinião geral dos alunos sobre o qc3Ds.	Importante para o seu entendimento dos conceitos de Fisiologia, complementando as aulas teóricas.	56 (88%)	26 (81%)

		Essencial para o seu entendimento de Fisiologia, pois só com as aulas não conseguiu acompanhar o conteúdo.	34 (53%)	18 (56%)
		Divertido, pois proporcionou um momento informal de discussão coletiva do conteúdo nos grupos de trabalho.	47 (73%)	16 (50%)
		Desnecessário, as aulas teóricas dariam conta do entendimento do conteúdo, sem necessidade do uso do jogo.	0 (0%)	0 (0%)
		É interessante	58 (91%)	24 (75%)
9. Na sua opinião, usar modelos 3D nas aulas de disciplinas como a FH... (marque quantas alternativas quiser)	Verificar a opinião dos alunos sobre o uso de modelos 3D em disciplinas como a FH.	Permite melhor compreensão dos conteúdos trabalhados na aula.	57 (89%)	28 (88%)
		É divertido.	46 (72%)	13 (41%)
		Instiga a curiosidade e vontade de entender mais sobre Fisiologia.	40 (63%)	18 (56%)
		É chato.	0 (0%)	1 (3%)
10. Você recomendaria	Verificar a percepção dos	Sim.	61 (95%)	30 (94%)

a outros professores utilizar modelos 3D em suas aulas?	alunos sobre a aplicabilidade dos modelos 3D em outros cursos.	Não.	0 (0%)	0 (0%)
		NR	3 (5%)	2 (6%)
11. Atribua uma nota de 0 a 10 para o uso dos Modelos 3D de Sinapse	Avaliar a visão dos participantes quanto ao qc3Ds.		9,38 ± 0,73	9,09 ± 1,13

Estatística descritiva para autoavaliação dos estudantes sobre desempenho na disciplina e opinião sobre aula teórica. Dados expressos em frequência relativa e absoluta. NA = não se aplica. NR = não respondentes Fonte: próprio autor (2019).

Na Universidade Feevale, 53% dos alunos consideraram seu desempenho na disciplina de fisiologia como bom, 18% como regular e 7% consideraram como ótimo. Na Unipampa, 44% consideraram regular, 38% consideraram seu desempenho bom e 16% consideraram ótimo (tabela 8).

A pergunta número 2, não se aplica a Unipampa, pois os alunos foram expostos a uma aula teórica presencial. Dessa forma, a questão foi veiculada especificamente para os alunos da Universidade Feevale, visto que foram disponibilizadas videoaulas para os alunos assistirem antes da aula prática com o qc3Ds. Como resultados, 41% dos alunos da Universidade Feevale disseram terem visto todos os vídeos, 41% apontaram terem assistido os vídeos em parte e 3% respondeu não ter assistido aos vídeos (tabela 8).

Ao serem perguntados sobre a contribuição do qc3Ds na aprendizagem de TS, 97% da Universidade Feevale e 94% dos alunos da Unipampa acredita que os modelos colaboraram com a compreensão do conteúdo na disciplina de Fisiologia. Ainda, na Universidade Feevale, 61% acredita que o qc3Ds contribuiu para sua performance em outras disciplinas do curso, sendo citadas: Bioquímica, Biofísica e Biologia Celular. Na Unipampa, 47% acredita nisso, sendo citadas: Bioquímica e Histologia (tabela 8).

Ao serem indagados sobre a contribuição do qc3Ds na compreensão sobre TS, 97% dos alunos de ambas as universidades acredita que a prática contribuiu

para o entendimento e compreensão do conteúdo. Este mesmo percentual de alunos de ambas as universidades considera o qc3Ds é uma ferramenta interessante para o ensino de Fisiologia (tabela 8).

Sobre as questões aplicadas antes e após a prática, 92% dos alunos da Universidade Feevale e 97% dos alunos da Unipampa acreditam que elas contribuíram para seu aprendizado (tabela 8).

Na opinião dos alunos, utilizar modelos 3D em sala de aula foi: importante para o seu entendimento dos conceitos de Fisiologia para 88% dos alunos da Universidade Feevale e para 81% dos alunos da Unipampa; essencial para o seu entendimento de Fisiologia para 53% dos alunos da Universidade Feevale e para 56% dos alunos da Unipampa; e, divertido para 75% dos alunos da Universidade Feevale e para 50% dos alunos da Unipampa (tabela 8).

Ao verificar a opinião dos alunos sobre o uso de modelos 3D em disciplinas semelhantes à fisiologia humana, 92% dos alunos da Universidade Feevale e 75% dos alunos da Unipampa considera interessante; 90% dos alunos da Universidade Feevale e 88% dos alunos da Unipampa acham que permite melhor compreensão dos conteúdos trabalhados em aula; 73% dos alunos da Universidade Feevale e 41% dos alunos da Unipampa consideram divertido; e, 64% dos alunos da Universidade Feevale e 56% dos alunos da Unipampa acha que instiga a curiosidade e vontade de entender mais sobre Fisiologia. Três por cento dos alunos da Unipampa consideram a prática chata (tabela 8).

Ao questionar sobre se os alunos recomendariam a outros professores utilizar modelos 3D em suas aulas, 97% dos alunos da Universidade Feevale e 94% dos alunos da Unipampa disse que recomendaria. Ao final, foi solicitado aos alunos que atribuíssem uma nota ao qc3Ds, considerando uma escala de 0 a 10. A nota média atribuída pelos alunos da Universidade Feevale foi $9,39 \pm 0,72$ e, a nota atribuída pelos alunos da Unipampa foi $9,09 \pm 1,13$ (tabela 8).

Nas questões abertas, os alunos da Universidade Feevale citaram que o qc3Ds em sala de aula foi “incrível”, “empolgante”, “diferente” e “complicadinha”. Como críticas, alguns ainda sentiram falta de uma aula teórica para guiá-los na prática, além de mais monitores para auxiliar. Como sugestões, os alunos pediram por mais aulas práticas, citando frases como “As atividades são bem importantes”,

“distrair a aula teórica ajuda a entender melhor”, “Mais aulas didáticas como essas”, “Usar modelos mais vezes” e “Interessante, mais aulas interativas”.

Nas questões abertas, os alunos da Unipampa acharam que ótimo o uso do qc3Ds em sala de aula, citando que o modelo “[...] deixa claro o suficiente para entender o conteúdo, tirar dúvidas”. Ainda, outro aluno falou adorar o qc3Ds, mas “[...] acho que é de fácil entendimento com mais aulas práticas e exemplos”. Como reclamação, foi citada a falta de peças no momento da prática por um estudante. No caso da Unipampa destacamos que uma aluna se motivou tanto com a atividade que apresentou um relato da experiência prática em um evento acadêmico local (semana acadêmica do curso de Fisioterapia).

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO 1 – JOGO DE TABULEIRO “TABULEIRO SINÁPTICO”

Na percepção dos alunos dos GC quanto a sua performance na disciplina de Fisiologia Humana 51% deles consideraram seu desempenho bom. Saber disso é importante pois se pode relacionar o desempenho motivado à autoconfiança declarada (THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 1994). Ainda, os alunos julgam a aula teórica uma metodologia muito adequada para o ensino da TS. Sobre isso, o estudo realizado por Sá e colaboradores sobre metodologias utilizadas por professores de em uma universidade pública mostrou que a estratégia mais utilizada por eles é a aula teórica com uso de recursos tecnológicos (como projetor). No mesmo estudo, os autores declaram que os professores afirmam que os alunos permanecem atentos, passivos e com pouco engajamento nesse modelo. Esse tipo de estratégia favorece o domínio da fala ao professor, oferecendo pouco espaço para contribuição dos alunos durante as aulas (DE SÁ et al., 2017). A opinião dos alunos também vai ao acordo com o fato de que o ato de ensinar é visto, pela grande maioria, como transmissão de conhecimentos, realização de exercícios repetitivos e memorização de conteúdo (MOURA; MESQUITA, 2010). Assim, tal opinião pode refletir o tipo de ensino ao qual os alunos estão habituados a receber.

Ainda no GC, os alunos foram perguntados sobre gostar e aprender com aula teórica, estudo dirigido, seminário, aula prática com uso de animais e aula prática com recursos tecnológicos. Os alunos indicaram que gostam e acreditam aprender efetivamente com as metodologias aula teórica e uso de recursos tecnológicos. No entanto, os grupos divergem sobre gostar e aprender com estudo dirigido, seminário e uso de animais. A maior discordância e foi em relação a aulas práticas com uso de animais, sendo que, os discentes da Unipampa indicaram gostar e acreditar no aprendizado com a atividade, embora nunca tenham realizado este tipo de atividade, já que as normativas atuais não permitem. Além da questão ética em relação à real necessidade do uso de animais em aulas práticas, uma parcela considerável de alunos se sente mal ou incomodada com tais procedimentos e apoia a implementação de métodos substitutivos (TRÉZ, 2015). Na universidade pública (Unipampa) os alunos têm maior acesso e vivência ao uso de animais devido,

principalmente, à maior concentração da pesquisa científica com animais nesse tipo de instituição, o que pode explicar as respostas obtidas.

A discussão sobre metodologias de ensino na área da saúde juntamente com a arguição sobre o uso de animais para ensino em aulas práticas tem impondo a necessidade de se pensar em novas estratégias educacionais para a formação básica dos cursos superiores da área da saúde (CHAVES; DUTRA; ROCHA, 2018). Por isso, a utilização de tecnologias como os jogos é uma estratégia de ensino ainda pouco explorada e que tem grande potencial na resolução desses problemas.

Nossos resultados mostram que os estudantes consideram que o JTS contribuiu para o entendimento e aprendizado de TS em Fisiologia. Considerando o desempenho autoavaliado na disciplina de Fisiologia Humana, 68% acreditam que sua performance é boa e 33% que é regular, portanto, a maioria dos estudantes está confiante em relação a isso, um percentual maior que o grupo controle. A importância disso é que, conforme previamente mencionado, a autoconfiança percebida leva ao desempenho motivado (THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 1994). Sturges e colegas analisaram a relação entre a motivação de 1.210 acadêmicos e suas notas finais nas disciplinas de Anatomia Humana e Fisiologia. Os autores encontraram uma relação significativa entre a nota esperada dos alunos e sua nota final nas aulas (STURGES et al., 2016). A motivação é considerada um fator essencial para a aprendizagem (ASGHAR HAYAT et al., 2018), e os JE são uma ferramenta educacional interessante, pois mantém os jogadores motivados (BURGERS et al., 2015). O jogo tem a capacidade de envolver o jogador de uma maneira cativante e focada e, no contexto educacional, aumenta o interesse dos alunos pelo conteúdo e facilita o aprendizado efetivo (FOSTER, 2008).

Todos os alunos concordaram que o JTS contribuiu para a compreensão de TS e que é uma ferramenta interessante para o ensino de Fisiologia. Além disso, todos consideraram que o JTS é uma ferramenta interessante e 93% o consideraram importante para a compreensão dos conceitos de TS, complementando as aulas teóricas. Marcondes et al. usaram um quebra-cabeça para ensinar ciclo cardíaco para estudantes da área da saúde e descobriram que, para a maioria dos estudantes, o uso do jogo ajudou a fixar o conteúdo (64,5%) e para muitos deles o jogo foi considerado essencial para entender o conteúdo (30,9%) (MARCONDES et al., 2015). Machado et al. mostraram que o quebra-cabeça de potencial de membrana

contribuiu para a compreensão dos alunos no conteúdo do potencial de ação e que é uma ferramenta interessante para uso no ensino de fisiologia (MACHADO et al., 2018). Com o uso do jogo “Quem quer ser médico?”, baseado no programa de televisão “Quem Quer Ser Milionário”, criado por Moy et al. com o objetivo de explicar a fisiologia dos pulmões para estudantes de medicina do primeiro ano, os autores verificaram que os estudantes responderam positivamente ao jogo (MOY et al., 2000). Portanto, acreditamos que o jogo educacional também pode ser uma ferramenta importante para auxiliar o ensino da fisiologia da TS.

Ao final, foi solicitado aos alunos que atribuíssem uma nota ao JTS, considerando uma escala de 0 a 10. A nota média atribuída foi de $9,39 \pm 0,86$. Além disso, 95% dos estudantes afirmaram que recomendariam a outros professores o uso de JE em suas aulas. Esses resultados confirmam que o jogo foi bem aceito e concordam com estudos anteriores que investigaram a opinião dos estudantes sobre JE. Em um estudo realizado por Rose, a maioria dos estudantes relatou que o JT desenvolvido pelos autores ajudou a entender e aprender as vias metabólicas foi útil para a sua aprendizagem (ROSE, 2011). Outro exemplo é o “Biofilm Building”, um JT criado para ensinar aos alunos sobre biofilmes bacterianos (MCOWAT; STANLEY-WALL, 2018). Shiroma e colegas desenvolveram um jogo sobre psicofarmacologia para ensinar estudantes de medicina; os estudantes relataram que gostaram do jogo e afirmaram que era eficaz em aumentar o conhecimento sobre o assunto (SHIROMA; MASSA; ALARCON, 2011). Finalmente, em um estudo desenvolvido por Odenweller e colegas, um jogo de cartas foi usado para ensinar a matéria e os alunos comentaram que essa metodologia foi capaz de realçar o conteúdo e ajudou no processo de memorização (ODENWELLER; HSU; DICARLO, 1998).

Os estudantes de graduação afirmaram que o JE é importante para complementar a teoria ensinada pelo professor na uma aula teórica, e o consideraram uma ferramenta importante para proporcionar um momento divertido e sociável. De fato, os JE têm demonstrado sua importância para a área educacional por serem capazes de mudar o comportamento dos alunos em sala de aula, estimulando-os a serem mais ativos e sociáveis. Em uma pesquisa realizada por Rose, os alunos relataram que o fato do jogo ser divertido e agradável, motivou-os a aprender mais sobre o assunto e que eles ficaram entusiasmados (ROSE, 2011).

Esses dados vão ao acordo à opinião dos alunos que participaram desta pesquisa, pois a maioria deles acha que o JTS é interessante, engraçado, permite uma melhor compreensão da teoria e instiga-os a pesquisar e para melhorar seus conhecimentos sobre o assunto.

De maneira geral, os estudos recomendam o uso do JE como estratégia para facilitar o ensino. Isso ocorre porque os jogos podem ser uma ferramenta poderosa para uso em sala de aula, instigando os alunos a obter um melhor desempenho (ROSE, 2011). Eles também possibilitam a interação aluno-aluno, o que pode proporcionar aprendizado em equipe (ROSE, 2011).

Em relação à avaliação de conhecimento nos testes, primeiro os GC e GJ foram comparados pela variável tempo (indicada pelo pré, pós teste imediato e pós-teste tardio) e, em seguida, os grupos foram comparados entre si a partir dos resultados obtidos em cada teste. No GC, notou-se um aumento no índice de acertos no pós-teste tardio em relação ao pré-teste e um aumento no pós-teste tardio em relação ao pós-teste imediato. Esses resultados mostram que, logo após a aula teórica tradicional os alunos não obtiveram uma melhora nos testes de conhecimento e, que o aumento de acertos no pós-teste tardio, provavelmente foi resultado dos estudos dos discentes para a prova. Já no GJ, foi verificada uma melhora nas avaliações de conhecimento no pós-teste imediato em relação ao pré-teste, o que indica que o uso do JTS foi uma estratégia de ensino interessante que promoveu um aprendizado mais efetivo logo após a intervenção, aprendizado este que se manteve no pós-teste tardio. Também, na comparação entre os grupos, foi visto que houve um aumento significativo no índice de acertos no pós-teste imediato do GJ em relação ao GC. Isso se deve possivelmente a alguns fatores. Entre eles podemos citar o fato de que o JTS foi utilizado em conjunto com a aula teórica tradicional, desta forma, os alunos puderam ter contato com o conteúdo por mais tempo; com isso o conteúdo também foi trabalhado por repetição, a partir das 71 questões contidas no APP, favorecendo a aprendizagem a partir da memorização pelo reforço.

É interessante notar que, o uso do JTS como estratégia fez com que a avaliação de conhecimento dos alunos nos testes melhorasse logo no pós-teste imediato, além da melhora já esperada no pós-teste tardio em relação ao pré-teste. O aumento do índice de acertos no pós-teste imediatos foi significativamente maior no GJ em relação ao GC e, por isso, acreditamos que o JTS chamar a atenção e

gerar motivação, fazendo com que o aluno foque no momento da prática, o que nem sempre é possível ao utilizar uma metodologia de ensino tradicional como a aula teórica. Isso vai de acordo ao que diz Moran (2015), que cita que as atividades apoiadas a tecnologias contribuem para a mobilização de competências intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais (MORAN, 2015), indo de acordo também com a opinião positiva dos alunos sobre o JTS. Também, é importante levar em consideração que o JTS foi aplicado com alunos de uma geração que está acostumada a jogar, com a linguagem de desafios, recompensas e competição e cooperação estimulada pelos jogos (MORAN, 2015).

No estudo realizado por Jones e colaboradores, os autores avaliaram o conhecimento dos estudantes com o uso de um jogo de tabuleiro sobre a farmacologia do sistema nervoso autônomo. De forma semelhante à desse estudo, os autores avaliaram os alunos a partir de pré-teste, pós teste e prova, além de avaliar os alunos quanto a um exame que incluiu 42 perguntas sobre o sistema nervoso autônomo, que precedeu todas as sessões do jogo. Assim como nós, o autor verificou que os escores dos participantes se mostraram significativamente maiores no pós-teste em relação ao pré-teste (JONES et al., 2015). No entanto, diferentemente dos instrumentos de avaliação aplicados na avaliação do JTS, os pré e pós-teste imediato aplicados do estudo dos autores eram iguais. Neste estudo, optamos manter os testes semelhantes, porém não iguais, devido a possibilidade de memorização pelos alunos e, em consequência, melhora nos testes em decorrência disso. Ainda, a pesquisa de Jones et al. (2015) evidenciou que os escores dos alunos que jogaram o jogo de tabuleiro foram progressivamente mais altos entre os escores pré-teste, pós-teste, prova e nas perguntas que precederam as sessões do jogo (JONES et al., 2015). Na avaliação do JTS, o índice de acertos no pós-teste tardio (aplicado juntamente com a prova) foi significativamente maior em comparação ao pré-teste e, o índice de acertos do pós-teste imediato foi maior em comparação ao pré-teste. No entanto, não houve um aumento do índice de acertos progressivo significativo ao longo do tempo. Ainda, não foram avaliados os erros e acertos dos alunos nas questões do APP, o que seria interessante para avaliar a evolução do aluno em aplicações futuras do JTS.

No jogo de tabuleiro “Anatomy adventure”, desenvolvido por Anyanwu (2014), os autores observaram que o GJ teve uma melhora significativa de escore do pré

para o pós-teste imediato, concordando com os resultados obtidos neste estudo. Além disso, essa melhora foi significativa em relação ao controle, convergindo com os nossos resultados (ANYANWU, 2014). Ainda, no jogo de tabuleiro desenvolvido por Luchi e colaboradores, os autores compararam o jogo em relação a um grupo controle que teve como metodologia um estudo guiado. A avaliação do conhecimento dos alunos foi realizada com base em questões sobre o tema, respondidas pelos estudantes na semana seguintes à aplicação das metodologias. Os resultados mostraram que os escores obtidos no grupo controle (estudo guiado) foram significativamente menores do que os obtidos pelo grupo jogo (LUCHI; CARDOZO; MARCONDES, 2019), dando suporte aos achados de que o uso de jogos traz benefícios a aprendizagem em relação à práticas tradicionais de ensino.

Uma revisão sistemática realizada por Noda et al. (2019) mostrou que o tamanho do efeito dos 11 jogos de tabuleiro selecionados que tinham o intuito de melhorar o conhecimento sobre algum conteúdo de cunho educativo variou de muito pequeno a grande (NODA; SHIROTSUKI; NAKAO, 2019). Também, Gauthier e colaboradores realizaram uma meta-análise sobre o uso de jogos de tabuleiro na saúde. Neste estudo, os autores realizaram uma meta-análise de efeitos aleatórios sobre o uso de jogos e, indicaram que efeito médio dos jogos de tabuleiro no conhecimento relacionado à saúde é grande (GAUTHIER et al., 2018).

Considerando todo o exposto, o JTS teve bons resultados em relação a motivar os alunos, além de contribuir para sua melhora no índice de acertos nas avaliações de conhecimentos, mostrando uma melhora no índice de acertos no pós-teste imediato em relação ao GC. A melhora no teste e a percepção positiva dos estudantes indica a necessidade de ferramentas alternativas que tornem o aprendizado de conteúdos complexos, como TS, mais leves e divertidos. Ainda, consideramos que seria interessante avaliar o índice de acertos dos alunos em relação às questões respondidas no APP para obter um entendimento melhor do conhecimento dos alunos em relação à essa ferramenta.

5.2 ESTUDO 2 – MODELOS 3D DE SINAPSE

A percepção dos alunos dos GC da Universidade Feevale quanto a sua performance mostrou que 60% dos alunos consideram seu desempenho bom, sendo possível relacionar o desempenho motivado a autoconfiança declarada (THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 1994). Ainda, assim como na Unipampa, os alunos da Universidade Feevale também julgam a aula teórica uma metodologia muito adequada para o ensino de TS. No entanto, é importante lembrar que o ensinar muitas vezes é pensado como a transmissão de conhecimentos para a memorizar o conteúdo (MOURA; MESQUITA, 2010). Isso faz com que o domínio da fala esteja com o professor e favorece a postura passiva do aluno em sala de aula (DE SÁ et al., 2017).

Tal como na Unipampa, os alunos da Universidade Feevale também foram perguntados sobre gostar e aprender com aula teórica, estudo dirigido, seminário, aula prática com uso de animais e aula prática com recursos tecnológicos. Ao comparar os GC da Universidade Feevale e da Unipampa, ambos os grupos indicaram que gostam e acreditam aprender efetivamente com as metodologias aula teórica e uso de recursos tecnológicos. No entanto, os grupos divergem sobre gostar e aprender com estudo dirigido, seminário e uso de animais. A maior discordância e foi em relação a aulas práticas com uso de animais, sendo que, os discentes da Unipampa indicaram gostar e acreditar no aprendizado com a atividade, enquanto os da Universidade Feevale indicam não gostar e não acreditam na efetividade dela. A diferença entre a percepção dos alunos das duas universidades provavelmente está relacionada com a diferença da cultura institucional entre as duas. Na universidade pública (Unipampa), como já discutido anteriormente, os alunos têm maior acesso ao uso de animais devido, principalmente, à maior concentração da pesquisa científica com animais nesse tipo de instituição. Já na universidade particular, como no caso da Universidade Feevale, os alunos tem pouco acesso a esse tipo de modelo científico, causando um estranhamento maior ao seu uso em aulas práticas quando perguntados sobre. O estudo realizado por Tréz verificou que, 63,5% dos alunos de universidades públicas declararam haver sentido algum tipo de

desconforto em aulas práticas com animais, e a grande maioria considerou esse incômodo relevante ou muito relevante (TRÉZ, 2015).

Os modelos 3D são estratégias de ensino pouco exploradas que podem auxiliar na resolução de problemas, como a diminuição do uso de animais em aulas práticas. Neste estudo, testamos o uso do qc3Ds como estratégia de ensino para TS com duas populações diferentes utilizando metodologias brevemente diferentes entre si (qc3D associado a uma videoaula que deveria ser previamente assistida em horário extraclasse, e qc3D associado a uma aula teórica tradicional). No primeiro caso, indagamos os estudantes sobre terem assistido ou não às videoaulas, e a maior parte dos estudantes disse ter assistido os vídeos por completo (41%) ou em parte (41%). Esse tipo de metodologia é chamado de *Flipped Classroom*, ou Sala de Aula Invertida, na qual os alunos estudam em casa e, em sala de aula, praticam o conteúdo (BOLLELA, 2017). Nesse caso, os alunos deveriam ver as videoaulas sobre TS e praticar o conteúdo com o uso do qc3Ds. No estudo realizado Røe e colaboradores, foi verificado que um ponto negativo dessa prática na visão dos alunos foram os vídeos utilizados serem muito longos (RØE et al., 2019). Isso pode ser o motivo pelo qual 41% dos estudantes afirma não ter visto os vídeos por completo.

Dentre os alunos que participaram do G3D, houve uma diferença quanto a autoavaliação sobre o desempenho na disciplina entre os alunos da Universidade Feevale e da Unipampa. Na primeira, a maior parte dos alunos julga sua performance como boa. Já na segunda, a maior parte dos alunos a considera regular. Ainda, comparando os GC com os G3D em cada universidade foi possível notar que menos estudantes consideraram sua performance como boa no G3D (38% na Unipampa; 53% na Universidade Feevale) em relação ao GC (51% na Unipampa; 60% na Universidade Feevale). Portanto, a maior parte dos estudantes dos G3D de ambas as universidades estavam menos confiante em relação a sua performance em comparação com os GC.

Ao serem indagados sobre a contribuição do qc3Ds na aprendizagem de TS, 97% dos alunos da Universidade Feevale e 94% dos alunos da Unipampa concordou que essa ferramenta auxilia na compreensão do conteúdo. Ainda, a grande maioria dos alunos de ambas as universidades acredita que o qc3Ds contribuiu para o entendimento e compreensão do conteúdo e que é uma ferramenta interessante para

o ensino de Fisiologia. Esses resultados vão ao acordo do estudo de Bagley et al. (2015), no qual os autores avaliaram a opinião de alunos quanto a uma célula muscular esquelética 3D gerada a partir de uma imagem de microscopia de fluorescência. Os autores verificaram que o uso do modelo 3D fez com os alunos se mostrassem mais interessados em aprender sobre biologia celular (BAGLEY; GALPIN, 2015). Nossos resultados também vão ao acordo com o trabalho de Smith (2016), que avaliou o uso de modelos 3D para a visualização de moléculas. A avaliação dos alunos foi positiva; na opinião deles os modelos foram ótimos como auxílios visuais, facilitando o aprendizado (SMITH, 2016).

Sobre a relação entre o uso do qc3Ds e sua contribuição para a performance dos alunos em outras disciplinas do curso, cerca da metade dos alunos da Universidade Feevale e da Unipampa (61% e 47%, respectivamente) acreditam que o modelo teve sim contribuição para isso. As disciplinas citadas pelos alunos fazem parte das Ciências Básicas da Saúde, que são voltadas ao conhecimento do funcionamento dos seres vivos e, por isso, são essenciais para a formação dos profissionais dessa área (CHAVES; DUTRA; ROCHA, 2018). Logo, faz sentido que os alunos vejam aplicação do qc3Ds em disciplinas como essa, uma vez que os conteúdos se complementam.

Sobre as questões aplicadas antes e após a prática, a maioria dos alunos afirmou acreditar que elas contribuíram para seu aprendizado. De fato, a reconsolidação da memória aprendida (como os conhecimento de TS) a partir de sua recapitulação pelas questões, será 'fortificada' à medida que as experiências de aprendizado se repetirem, formando conexões neuronais mais especializadas (PAULA et al., 2015).

A maior parte dos alunos (mais de 80%) considerou o qc3Ds importante para seu entendimento de fisiologia e, mais da metade dos alunos considerou os modelos essenciais para esse entendimento. Ainda, a prática foi considerada divertida para 75% dos alunos da Universidade Feevale e para 50% dos alunos da Unipampa. Nesse sentido, deve ser levado em consideração que o ensino de ciências básicas da saúde depende da capacidade de imaginação dos alunos por abordar processos de escala celular e subcelular (SMITH, 2016) e que a geração atual é menos treinada para abstração e, em consequência, depende de mais informações visuais (CASTANHA; CASTRO, 2010). Pelos fatos expostos, o qc3Ds se mostrou capaz de

tornar o conteúdo de TS mais visual e atrativo. Ainda, é importante dizer que, com o uso do modelo, o aluno fez uso de experiências sensoriais visuais e de toque diferentes das que normalmente está acostumado para estudar temas como o explorado. Experiências sensoriais ativam várias partes do cérebro e, a associação de características afetivas referente a essas experiências são integradas em centros cerebrais específicos (PAULA et al., 2015). Por isso, o caráter julgado como agradável e divertido pelos alunos é importante para o sucesso da prática.

Ao perguntar a opinião dos alunos quanto ao uso de modelos 3D em disciplinas semelhantes à Fisiologia Humana, a maior parte dos alunos considera seu uso interessante, acreditam que pode auxiliar na melhor compreensão dos conteúdos, que pode ser divertido e, além disso, que pode instigar a curiosidade de aprender mais. O uso de materiais didáticos impressões em 3D impressos podem auxiliar no ensino de diversas áreas, possibilitando melhor compreensão de conhecimentos, além de propiciar o manuseio e exploração dos materiais (BASNIAK; LIZIERO, 2017). Isso corrobora com a percepção dos estudantes sobre recomendarem a outros professores a utilização de modelos 3D, pois mais de 90% dos alunos disseram que recomendariam seu uso.

Como avaliação final da prática com o qc3Ds, foi pedido para que os alunos atribuíssem notas. A nota média atribuída pelos alunos da Universidade Feevale foi $9,39 \pm 0,72$ e, a nota atribuída pelos alunos da Unipampa foi $9,09 \pm 1,13$. As notas finais atribuídas demonstram que os alunos se interessam por metodologias que os permitam maior relação e proximidade com o conteúdo ensinado. Materiais pedagógicos com cores e formatos atrativos contribuem para o processo de ensino-aprendizagem por cativarem os alunos, conseqüentemente, facilitando o entendimento (BASNIAK; LIZIERO, 2017).

Em relação ao índice de acertos nos testes realizados, primeiro os GC e G3D foram comparados internamente pela variável tempo (indicada pelo pré e pós teste, além da prova) e, em seguida, os grupos foram comparados entre si a partir dos resultados obtidos em cada teste. Além disso, os resultados da Universidade Feevale e da Unipampa não foram analisados em conjunto, considerando as diferenças metodológicas já mencionadas.

Analisando o GC da Universidade Feevale ao longo do tempo, foi possível ver que houve um aumento significativo de escores nos pós-testes imediato e tardio em relação ao pré-teste. Esses resultados mostram que, logo após a aula teórica tradicional os alunos obtiveram uma melhora nos testes, indicando que a aula foi efetiva para o aprendizado significativo. Ainda, acreditamos que a melhora no índice de acertos no pós-teste tardio em relação ao pré-teste se deu devido ao conjunto de conhecimentos aprendidos em aula e do estudo dos discentes para a prova. Já no G3D, houve um aumento nos escores: no pós-teste imediato e tardio em relação ao pré-teste; e no pós-teste imediato em relação ao tardio. Esses resultados mostram que, no G3D da Universidade Feevale, houve um aumento gradual nos escores devido às intervenções (videoaulas e qc3Ds) e, claro, ao estudo dos alunos para a prova. Ainda, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos em nenhum dos momentos de testagem. Acreditamos que tal fato se deve, em parte, aos instrumentos de avaliação aplicados. Estes instrumentos foram os mesmos utilizados no estudo do JTS, mas as duas intervenções trabalharam o conteúdo de formas diferentes. Enquanto o JTS trabalhou o conteúdo por repetição, o qc3Ds trabalhou o conteúdo de forma mais morfológica e estimulando o raciocínio sobre a temporalidade de eventos do processo de TS, aspectos que os testes podem não ter sido efetivos em mensurar. Assim, pensamos que uma avaliação mais específica que verificasse se os alunos são capazes de identificar os componentes e entender as fases da TS ao longo do tempo seria mais condizente com a prática realizada com o qc3D, realizada no G3D.

Ainda, foi verificado que tanto no GC quanto no G3D, a confiança dos alunos aumentou no pós-teste imediato em relação ao pré-teste, visto que, não houve diferença entre os dois grupos. Isso faz sentido, já que os alunos de ambos os grupos no pré-teste tinham pouco ou nenhum conhecimento sobre o assunto e, após qualquer uma das intervenções, isso muda e eles se tornam mais confiantes para responder testes sobre o tema.

Na Unipampa, foi possível observar um aumento significativo do índice de acertos do GC no pós-teste tardio em relação ao pré-teste, e no pós-teste tardio em relação ao pós-teste imediato. Isso mostra que, logo após a aula teórica tradicional, os alunos ainda não obtiveram uma melhora significativa nos testes. No entanto, os resultados na prova foram melhores em comparação aos testes anteriores. Isso

indica que a aprendizagem ocorreu em decorrência do estudo dos alunos para a prova. Já no G3D, foi possível observar um aumento significativo do índice de acertos no pós-teste imediato e tardio em relação ao pré-teste. Como citado anteriormente, também acreditamos que a utilização do mesmo teste avaliativo tanto na intervenção do JTS quanto no qc3Ds foi uma limitação do estudo. Assim como na Universidade Feevale, tanto no GC quanto no G3D, a confiança dos alunos aumentou no pós-teste em relação ao pré-teste, mas não houve diferença entre os dois grupos. Da mesma forma como foi discutido anteriormente, isso se deve ao fato de que os se tornam mais confiantes para responder testes quando passam a ter maior conhecimento sobre o tema, independentemente da maneira de intervenção.

A comparação com outros estudos que utilizaram modelos 3D para ensino ainda é limitada, uma vez que a maior parte desses estudos foca no ensino das ciências morfológicas, e, neste estudo, focamos no ensino de função. Também, as formas de validação dos estudos são muito heterogêneas, sendo que, por se tratar do ensino de morfologia, muitos modelos são validados pela comparação com a estrutura original (BANNON et al., 2018; CANTÍN; MUÑOZ; OLATE, 2015; LI et al., 2018; MCMENAMIN et al., 2014) ou, ainda, tratam do ensino de processos patológicos e de técnicas cirúrgicas em medicina (LICHTENBERGER et al., 2018; RUI et al., 2016; ZHU et al., 2019). Isso dificulta uma análise mais próxima à realizada nessa pesquisa.

No estudo realizado por Lim e colaboradores (2016), os autores compararam o uso de impressão 3D para o ensino de anatomia cardíaca externa em relação aos materiais de cadáveres. Na validação com os alunos de medicina, os autores verificaram que os escores no pós-teste foram maiores no grupo que utilizou os modelos 3D impressos em relação aos alunos que utilizaram os materiais cadavéricos e aos alunos que usaram uma combinação dos dois. Isso demonstra que uso de modelos 3D pode conferir benefícios para o aprendizado em relação às aulas com cadáveres, o que suporta seu uso e sustenta a necessidade de rever currículos baseados em cadáveres (LIM et al., 2016). A relação entre os resultados do estudo de Lim e colaboradores com os encontrados nessa pesquisa diz respeito principalmente ao fato que a tecnologia pode ser substituir práticas com humanos e animais. No caso da prática com o qc3Ds, os alunos puderam ter um contato mais próximo com um conteúdo que geralmente é visto como abstrato pelos alunos, já

que se trata do estudo funcional de estruturas microscópicas. Este contato se deu de forma divertida, ativa e colaborativa. Isso evita com que os alunos sejam expostos a algum tipo de desconforto, como verificado no estudo de Tréz (2015). Ainda, a melhora nos testes após o uso de modelos 3D difere dos achados com o qc3Ds, que se devem possivelmente aos fatores citados anteriormente como limitações da avaliação.

A pesquisa realizada por Preece et al. (2013) avaliou a percepção de estudantes de medicina veterinária sobre o uso de modelos 3D físicos, modelos 3D computacionais e de livros didáticos para o ensino de anatomia. Como resultados, os autores verificaram que os acertos dos alunos nas avaliações foram maiores no grupo que utilizou modelos 3D físicos em relação aos grupos que utilizaram modelos 3D computacionais ou livros didáticos. Ainda, a percepção dos alunos foi mais positiva em relação aos modelos 3D físicos que às outras metodologias (PREECE et al., 2013). A percepção dos alunos está de acordo com os resultados encontrados nesse estudo, que mostraram uma opinião extremamente positiva sobre seu uso para o conteúdo de TS.

O trabalho realizado por Hall e colaboradores (2017) visou validar modelos 3D de enzimas e ligantes no ensino de conceitos sobre interações fármaco-receptor e enzima. A partir disso, os autores verificaram a percepção dos alunos sobre os modelos e a avaliação de conhecimento nos testes. Corroborando com os resultados encontrados no estudo do qc3Ds, a maior parte dos estudantes (>90%) achou a prática com modelos 3D benéfica para sua aprendizagem. Ainda, não houve diferenças de desempenho no teste em relação ao grupo controle, concordando em parte com os resultados encontrados nesse estudo. No entanto, foi observada uma melhora significativa no desempenho nas perguntas específicas sobre β -lactamase nos que participaram da atividade de impressão 3D (HALL et al., 2017). Isso sugere que uma análise mais específica deveria ser feita nas questões dos testes sobre TS, uma vez que uma melhora nos testes de conhecimentos em conceitos específicos poderia ser observada. Ainda, isso pode ser um forte indicativo de que os testes deveriam ter sido realizados de forma a elencarem melhor os conceitos mais trabalhados durante a prática com o qc3Ds, ou seja, aspectos morfológicos e a temporalidade dos fatos observados sobre TS.

O modelo 3D mais semelhantes ao utilizado em nosso estudo é o recurso educacional articulado para o ensino de transportes de membrana, que visa ensinar como o transporte de moléculas ocorre através da membrana celular. Como no tema de TS, esse assunto desafia os alunos por depender da imaginação para visualizar processos que ocorrem em escala subcelular. O modelo é composto por componentes articulados que representam os fatores essenciais envolvidos no processo, além de permitir a visualização de mecanismos diversos (CHAVES; DUTRA; ROCHA, 2018). No entanto, esse modelo não foi validado e, por isso, não pode ser comparado quando à percepção ou avaliação de conhecimento dos alunos em testes.

Logo, são necessários mais estudos sobre modelos 3D utilizados para o ensino de função. Ainda, é visível que a falta de padronização na validação em decorrência dos objetivos distintos dos alunos dificulta uma comparação mais direta entre os estudos.

6 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo desenvolver e validar recursos educacionais para o ensino do conteúdo de transmissão sináptica, conteúdo que compõe parte dos tópicos discutidos na disciplina de Fisiologia Humana dos cursos da área da saúde. Ao final, foram desenvolvidos dois recursos educacionais, o jogo de tabuleiro “tabuleiro sináptico”, e os modelos 3D de sinapse, nomeado como quebra-cabeças 3D de sinapse. Ambos os recursos foram validados quanto à percepção dos alunos sobre sua efetividade e quanto ao impacto nos conhecimentos específicos dos alunos.

A partir dos resultados encontrados no estudo 1, chegamos as seguintes conclusões a respeito do jogo “tabuleiro sináptico”:

- A percepção sobre o jogo foi considerada extremamente positiva pelos alunos;
- Houve uma melhora no pós-teste imediato do grupo que participou da aula prática com o jogo de tabuleiro em comparação ao grupo que participou apenas da aula teórica, demonstrando a efetividade desse tipo de estratégia de ensino como forma de reforçar o aprendizado.

A partir dos resultados encontrados no estudo 2, chegamos as seguintes conclusões a respeito dos modelos 3D de sinapse:

- A percepção sobre o quebra cabeças 3D de sinapse foi considerada extremamente positiva pelos alunos;
- No estudo realizado na Feevale, com uso de vídeo aulas previamente ao uso do quebra cabeças 3D, não houve diferenças significativas entre os grupos que participaram apenas da aula teórica com os grupos que participaram também da prática com os modelos 3D. No entanto, neste grupo a aula teórica teve melhor impacto na aprendizagem do GC que os demais casos;
- No estudo realizado na Unipampa, que associou aula teórica tradicional ao uso do quebra cabeças 3D, houve uma melhora no pós-teste imediato do grupo que participou da aula prática com o jogo de tabuleiro em comparação ao grupo que participou apenas da aula teórica, demonstrando a efetividade desse tipo de estratégia de ensino como forma de reforçar o aprendizado.

Por fim, levando em consideração os vieses citados no estudo, o conjunto geral de resultados nos testes de conhecimento, e a aceitação dos alunos, julgamos que os dois recursos educacionais desenvolvidos, o jogo de tabuleiro “tabuleiro sináptico”, e os modelos 3D de sinapse, podem ser considerados importantes estratégias de ensino para aplicação na disciplinas de Fisiologia Humana.

7 PERSPECTIVAS

Ao longo da trajetória neste projeto de pesquisa foram publicados os resultados referentes a percepção dos estudantes sobre o jogo tabuleiro sináptico, bem como diversos trabalhos em eventos relacionados ao tema desta dissertação. Ainda, em breve, serão comunicados na forma de publicações científicas os resultados referentes à avaliação de conhecimentos dos alunos tanto do estudo do jogo tabuleiro sináptico, quanto dos modelos 3D, além da percepção dos estudantes sobre o último.

Apesar dos resultados positivos relatados, reconhecemos que algumas melhorias são necessárias em ambos os recursos educacionais desenvolvidos. No jogo de tabuleiro, são necessárias implementações no APP e melhorias na sua usabilidade. No quebra-cabeças 3D de sinapse são necessárias melhorias no formato/impressão de algumas peças que demonstraram fragilidade durante a prática.

Pretendemos continuar pensando em materiais e estratégias para qualificação do ensino de Fisiologia, e, no futuro, buscamos realizar mais parcerias de validação nacionais e internacionais para aplicação multicêntrica dos recursos desenvolvidos, tanto para o tabuleiro sináptico, disponibilizado de forma gratuita e aberta, quanto para o quebra-cabeças 3D de sinapse, desenvolvido em parceria com a empresa IN.GENIUS, a qual a autora deste trabalho e o professor coorientador são dois dos cofundadores.

8 REFERÊNCIAS

- ADELINO, Francisca Janete Silva. As Estratégias Pedagógicas Utilizadas no Processo de Ensino-Aprendizagem: Concepções dos Alunos de Secretariado Executivo da UFPB. **Revista de Gestão e Secretariado**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 5–29, 2012.
- AIRES, Margarida de Mello. **Fisiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- AMARO, Salvatore et al. Kalèdo, a new educational board-game, gives nutritional rudiments and encourages healthy eating in children: A pilot cluster randomized trial. **European Journal of Pediatrics**, [s. l.], v. 165, n. 9, p. 630–635, 2006.
- ANDERSON, Gary L. et al. Using “Active Learning” Methods to Teach Physiology. **Medical Science Educator**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 8–20, 2011.
- ANYANWU, Emeka G. Anatomy adventure: A board game for enhancing understanding of anatomy. **Anatomical Sciences Education**, United States, v. 7, n. 2, p. 153–160, 2014.
- ASGHAR HAYAT, Ali et al. Medical student’s academic performance: The role of academic emotions and motivation. **J Adv Med Educ Prof. October**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 168–175, 2018.
- AUGUSTO, Ingrid et al. Virtual reconstruction and three-dimensional printing of blood cells as a tool in cell biology education. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 1–13, 2016.
- AV-RON, Evyatar; BYRNE, John H.; BAXTER, Douglas A. Teaching Basic Principles of Neuroscience with Computer Simulations. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 40–52, 2006.
- BACKHOUSE, Simon; TAYLOR, Darci; ARMITAGE, James A. Is This Mine to Keep? Three-dimensional Printing Enables Active, Personalized Learning in Anatomy. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], p. 1–11, 2018.
- BAGLEY, James R.; GALPIN, Andrew J. Three-dimensional printing of human skeletal muscle cells: An interdisciplinary approach for studying biological systems. **Biochemistry and molecular biology education : a bimonthly publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology**, [s. l.], v. 43, n. 6, p. 403–407, 2015.
- BANNON, Ross et al. 3D printing the pterygopalatine fossa: a negative space model of a complex structure. **Surgical and Radiologic Anatomy**, [s. l.], v. 40, p. 185–191, 2018.
- BASNIAK, Maria Ivete; LIZIERO, André Rafael. A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 445, 2017.
- BEZ, Marta Rosecler; VICARI, Rosa Maria; MORETO, Alexandre Ribeiro. Construção de um modelo para o uso de simuladores na implementação de métodos ativos de aprendizagem nas escolas de medicina. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 12–19,

2013.

BISPO, Ronaldo. Flash Aesthesis: uma neurofilosofia da experiência estética. **Trans/Form/Ação**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 113–142, 2004.

BOCHENNEK, Konrad et al. More than mere games: A review of card and board games for medical education. **Medical Teacher**, [s. l.], v. 29, n. 9–10, p. 941–948, 2007.

BOLLELA, Valdes Roberto. Sala de aula invertida na educação para as profissões de saúde: conceitos essenciais para a prática. **Revista Eletrônica de Farmácia**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 39–48, 2017.

BORDENAVE, Juan Dias; PEREIRA, Adair Martins. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. Petrópolis: Vozes, 1995.

BORELLA, Marcella de Pinho; SACCHELLI, Tatiana. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. **Revista Neurociências**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 161–169, 2009.

BORGES, Tiago Silva; ALENCAR, Gidélia. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 119–143, 2014.

BURGERS, Christian et al. How feedback boosts motivation and play in a brain-training game. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 48, p. 94–103, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano nacional de graduação: um projeto em construção**. Bahia, p. 1-32, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE-CES nº 1.133, de 7 de agosto de 2001**. Brasília, p. 1–38, 2001.

CANTÍN, Mario; MUÑOZ, M; OLATE, Sergio. Generation of 3D Tooth Models Based on Three-dimensional Scanning to Study the Morphology of Permanent Teeth. **International Journal of Morphology**, [s. l.], v.33, n.2, p. 782-787, 2015.

CARVALHO, Fernanda Antoniolo Hammes De. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 537–550, 2010.

CASTANHA, D.; CASTRO, M. B. A Necessidade de Refletir sobre as Estratégias Pedagógicas para Atender à Aprendizagem da Geração Y. **Revista de Educação do Cogeime**, [s. l.], v. 19, n. 36, p. 27–38, 2010.

CHAVES, Amanda Dalla’Cort; DUTRA, João Miguel Menezes; ROCHA, Cláudio Felipe Kolling Da. Impressão 3D aplicada ao ensino de ciências básicas da saúde: onde estamos e onde queremos chegar. **Educação & Linguagem**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 43, 2018.

CHIARELLA, Tatiana et al. A Pedagogia de Paulo Freire e o Processo Ensino-Aprendizagem na Educação Médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 418–425, 2015.

COSTA, Dayane Aparecida Silva et al. Diretrizes curriculares nacionais das profissões da Saúde 2001-2004: análise à luz das teorias de desenvolvimento

curricular. **Interface: Comunicação, saúde e educação**, [s. l.], v. 22, n. 67, p. 1183–1195, 2018.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Flow: The psychology of optimal experience: Steps toward enhancing the quality of life**. [s.l.] : HarperCollings e-books, 1991. v. 8.

DE OLIVEIRA, Gislaine Alves et al. Pedagogical training profile of basic health sciences faculty in biomedical and related fields at Brazilian public and private higher education institutions. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 180–190, 2019.

DE SÁ, Eliane Ferreira et al. As aulas de graduação em uma universidade pública federal: Planejamento, estratégias didáticas e engajamento dos estudantes. **Revista Brasileira de Educação**, [s. l.], v. 22, n. 70, p. 625–650, 2017.

DECI, Edward L.; RYAN, Richard M. **Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior**. Nova York: Springer, 1985.

DELORS, Jacques et al. **Educação: Um tesouro a descobrir**; relatório à UNESCO da Comissão Internacional de Educação para o século XXI (destaques). Paris: UNESCO, 1996.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017.

DORNELES, Tatiana Machado. As Bases Neuropsicológicas da Emoção: um diálogo acerca da aprendizagem. **Licenciaturas**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 14–21, 2014.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JR, José Antônio Valle. Design Science Research. In: **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. [s.l: s.n.]. p. 67–102.

FARIAS, Cynthia Moura Louzada; CARVALHO, Raquel Baroni De. Ensino Superior: a geração Y e os processos de aprendizagem. **Revista Espaço Acadêmico**, [s. l.], v. 15, n. 179, p. 37–43, 2016.

FISCARELLI, Rosilene Batista de Oliveira. Material Didático e Prática Docente. **Revista Ibero – Americana de Estudos em Educação**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 1–9, 2007.

FLORES, Cecilia Dias; BEZ, Marta Rosecler; BRUNO, Rosana Mussoi. O Uso de Simuladores no Ensino da Medicina. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [s. l.], v. 22, n. 02, p. 98, 2014.

FOSTER, Aroutis. Games and Motivation to Learn Science: Personal Identity, Applicability, Relevance and Meaningfulness. **Interactive Learning Research**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 597–614, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GAUTHIER, Andrea et al. Board Games for Health: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. **Games for Health Journal**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 1-16, 2018.

GEMIGNANI, Elizabeth Yu Me Yut. Formação de Professores e Metodologias

Ativas de Ensino-Aprendizagem: Ensinar Para a Compreensão. **Revista Fronteira das Educação**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 1–27, 2012.

GOMES, Andréia Patrícia; REGO, Sergio. Transformação da educação médica: é possível formar um novo médico a partir de mudanças no método de ensino-aprendizagem? **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 557–566, 2011.

GOODMAN, Barbara E.; BARKER, Megan K.; COOKE, James E. Best practices in active and student-centered learning in physiology classes. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 417–423, 2018.

GUERRA, Leonor Bezerra. Como as neurociências contribuem para a Educação Escolar? **FGR**, [s. l.], v. 4, n. 5, p. 6–10, 2010.

HALL, Susan et al. A pilot study assessing the value of 3D printed molecular modelling tools for pharmacy student education. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 723–728, 2017.

INOCENTE, Luciane; WÜST, Caroline; CASTAMAN, Ana Sara. A importância das estratégias de ensino-aprendizagem a partir do uso de novas tecnologias. **Neo-Faccat**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1–9, 2016.

IZQUIERDO, Ivan. Memórias . **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 3, n. 6 SE-Artigos Assinados, 1989.

IZQUIERDO, Iván. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

IZQUIERDO, Iván et al. Memória: tipos e mecanismos – achados recentes. **Revista USP**, [s. l.], v. 0, n. 98, p. 9, 2013.

JONES, J. Shawn et al. An educational board game to assist PharmD students in learning autonomic nervous system pharmacology. **American Journal of Pharmaceutical Education**, [s. l.], v. 79, n. 8, p. 1–9, 2015.

KANDEL, Eric et al. **Princípios de Neurociências**. 5ª ed. Porto Alegre: Grupo A, 2015.

KOCA, Fatih; PH, D. Motivation to Learn and Teacher – Student Relationship. **Journal of International Education and Leadership**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 1–20, 2016.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão e Produção**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LANCASTER, Rachelle J. Serious game simulation as a teaching strategy in pharmacology. **Clinical Simulation in Nursing**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 129–137, 2014.

LI, Fangzheng et al. Production of accurate skeletal models of domestic animals using three-dimensional scanning and printing technology. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 73–80, 2018.

LICHTENBERGER, John P. et al. Using 3D Printing (Additive Manufacturing) to Produce Low-Cost Simulation Models for Medical Training. **Military Medicine**, [s. l.], v. 183, p. 73–77, 2018.

LIM, Kah Heng Alexander et al. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 213–221, 2016.

LIN, Yi Guang; MCKEACHIE, Wilbert J.; KIM, Yung Che. College student intrinsic and/or extrinsic motivation and learning. **Learning and Individual Differences**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 251–258, 2001.

LUCHI, Kelly Cristina Gavião; CARDOZO, Lais Tono; MARCONDES, Fernanda Klein. Increased learning by using board game on muscular system physiology compared with guided study. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 149–154, 2019.

MACHADO, Rui Seabra et al. The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 79–83, 2018.

MARCONDES, Fernanda K. et al. A puzzle used to teach the cardiac cycle. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 27–31, 2015.

MARIN, Maria José Sanches et al. Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 13–20, 2010.

MCMENAMIN, Paul G. et al. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 479–486, 2014.

MCOWAT, Kelsey; STANLEY-WALL, Nicola R. Biofilm Building: A Simple Board Game to Reinforce Knowledge of Biofilm Formation. **Journal of microbiology & biology education**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 1–2, 2018.

MELLO-CARPES, Pâmela Billig. Neurofisiologia e Neuroquímica. In: QUEVEDO, João; IZQUIERDO, Ivan (Eds.). **Neurobiologia dos transtornos psiquiátricos**. Porto Alegre: Artmed, 2020. p. 15–28.

MICHAEL, Joel. Where's the evidence that active learning works? **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 30, p. 159–167, 2006.

MICHAEL, Joel. What makes physiology hard for students to learn? Results of a faculty survey. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 34–40, 2007.

MISHRA, Sundeep. Application of 3D printing in medicine. **Indian Heart Journal**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 108–109, 2016.

MITRE, Sandra Minardi et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 13, p. 2133–2144, 2008.

MONTAGNA, Erik et al. What is transmitted in “synaptic transmission”? **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 115–116, 2010.

MONTREZOR, L. H. The synaptic challenge. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 187–190, 2014.

MORAES, Maria Cândida; TORRE, Saturnino de La. **Sentipensar: fundamentos e estratégias para reencantar a educação**. Petrópolis: Vozes, 2004.

MORAIS, Margarete Campagnolo De; SILVA, João Carlos Da. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. **Cadernos PDE**, [s. l.], p. 1–18, 2014.

MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**, [s. l.], v. II, p. 15–33, 2015.

MOURA, Elaine Cristina Carvalho; MESQUITA, Lúcia de Fátima Carvalho. Estratégias de ensino-aprendizagem na percepção de graduandos de enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], v. 63, n. 5, p. 793–798, 2010.

MOY, Justin R. et al. Who wants to be a physician? An educational tool for reviewing pulmonary physiology. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 30–37, 2000.

NAMEN, Fátima Maria; GALAN, João. Reflexões sobre a educação de profissionais da área de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], p. 1611–1619, 2011.

NODA, Shota; SHIROTSUKI, Kentaro; NAKAO, Mutsuhiro. The effectiveness of intervention with board games: a systematic review. **BioPsychoSocial Medicine**, [s. l.], v. 13, n. 22, p. 1–21, 2019.

ODENWELLER, C. M.; HSU, C. T.; DICARLO, S. E. Educational card games for understanding gastrointestinal physiology. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 275, n. 6, p. S78, 1998.

OLIVEIRA, Gésica Kelly da Silva. **Concepções de Docentes sobre o uso de Metodologias Ativas: Um Enfoque na Formação de Enfermeiros**. 2017. Universidade Federal de Pernambuco, [s. l.], 2017.

PAIVA, Marlla Rúbya Ferreira et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **Sanare**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 145–153, 2016.

PAULA, Diana et al. As bases neurobiológicas da aprendizagem no contexto da investigação temática freiriana. **Trabalho, Educação e Saúde**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 109–122, 2015.

PEFFERS, Ken et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Indian Journal of Pure and Applied Physics**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 45–78, 2007.

PINTO, Antonio Sávio da Silva et al. Inovação Didática - Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com “peer instruction”. **Janus**, [s. l.], p. 75–87, 2012.

PREECE, Daniel et al. “Let’s Get Physical”: Advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy. **Anatomical Sciences Education**, United States, v. 6, n. 4, p. 216–224, 2013.

REHAN, Rabiya et al. A way forward for teaching and learning of Physiology: Students’ perception of the effectiveness of teaching methodologies. **Pak J Med Sci**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 1468–1473, 2016.

ROCHA, Henrique Martins; LEMOS, Washington De Macedo. Metodologias Ativas: Do Que Estamos Falando? Base Conceitual E Relato De Pesquisa Em Andamento. **IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação**, [s. l.], n. September, p. 12, 2014.

RØE, Yngve et al. Learning with technology in physiotherapy education: design, implementation and evaluation of a flipped classroom teaching approach. **BMC medical education**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 291, 2019.

ROSE, Tyler M. A board game to assist pharmacy students in learning metabolic pathways. **American journal of pharmaceutical education**, [s. l.], v. 75, n. 9, p. 183, 2011.

RUI, Yao et al. Three-dimensional printing: review of application in medicine and hepatic surgery. **Cancer Biology & Medicine**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 443, 2016.

RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. **Contemporary Educational Psychology**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 54–67, 2000.

SAINT-ONGE, Michel. **O ensino na escola: o que é, como se faz**. São Paulo: Loyola, 2001.

SANGIORGIO, João Paulo Menck et al. Geração Y: a motivação para construção do conhecimento. **Revista da ABENO**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 14–18, 2013.

SEABRA MACHADO, Rui; BILLIG MELLO-CARPES, Pâmela. Status of research on physiology education in Brazil. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 42, p. 547–554, 2018.

SEFTON, Ann J. Charting a global future for education in physiology. *Advances in Physiology Education*, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 189-193, 2005.

SHIROMA, Paulo R.; MASSA, Alfredo A.; ALARCON, Renato D. Using game format to teach psychopharmacology to medical students. **Medical Teacher**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 156–160, 2011.

SIMON, Hebert A. **The sciences of the artificial**. 3. ed. [s.l.] : MIT Press, 1969. v. 1

SMITH, David P. Bringing experiential learning into the lecture theatre using 3D printed objects. **F1000Research**, [s. l.], v. 5, n. 0, p. 61, 2016.

SMITH, Michelle L.; JONES, James F. X. Dual-extrusion 3D printing of anatomical models for education. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 65–72, 2018.

SNYDER, Trevor J. et al. 3D Systems' Technology Overview and New Applications in Manufacturing, Engineering, Science, and Education. **3D Printing and Additive Manufacturing**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 169–176, 2014.

SOSA, Priscila et al. O que é neurociência e por que para ensinar melhor é preciso saber como o cérebro funciona? In: **A fisiologia presente em nosso dia a dia**. São Paulo: Livrobot, 2014. p. 43–49.

SOUSA, A. B.; SALGADO, T. D. M. Memória, aprendizagem, emoções e inteligência. **Revista Liberato**, [s. l.], v. 16, n. 26, p. 101–220, 2015.

STORMOEN, Sidsel et al. High school physical education: What contributes to the experience of flow? **European Physical Education Review**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 355–371, 2015.

STUART, Ann E. Teaching Neurophysiology to Undergraduates using Neurons in Action. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 32–36, 2009.

STURGES, Diana et al. Academic performance in human anatomy and physiology classes: a 2-yr study of academic motivation and grade expectation. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 26–31, 2016.

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. Self Confidence and Performance. In: **Learning, Remembering, Believing: Enhancing Human Performance**. [s.l: s.n.]. p. 173–206.

TRÉZ, Thales De A. A caracterização do uso de animais no ensino a partir da percepção de estudantes de ciências biológicas e da saúde. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 863–880, 2015.

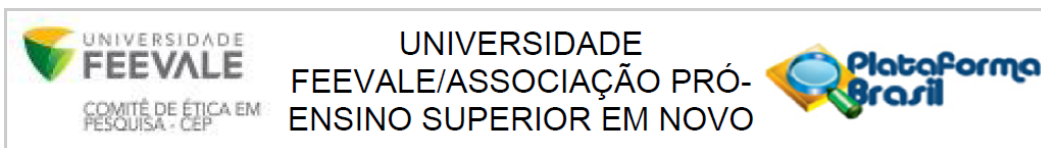
WANYAMA, Jane N. et al. A randomized controlled trial to evaluate the effectiveness of a board game on patients' knowledge uptake of HIV and sexually transmitted diseases at the infectious diseases institute, Kampala, Uganda. **Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes**, [s. l.], v. 59, n. 3, p. 253–258, 2012.

WOODS, Majka; ROSENBERG, Mark E. Educational tools: Thinking outside the box. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 518–526, 2016.

XAVIER, Laudicéia Noronha et al. Analisando As Metodologias Ativas Na Formação Dos Profissionais De Saúde: Uma Revisão Integrativa. **Sanare**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 76–83, 2014.

ZHU, Junhao et al. Design and validation of a 3D-printed simulator for endoscopic third ventriculostomy. **Child's Nervous System**, [s. l.], 2019.

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento e validação de metodologias ativas aliadas a aula expositiva tradicional como estratégia de ensino em Fisiologia Humana

Pesquisador: CLAUDIO FELIPE KOLLING DA ROCHA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 96798618.2.1001.5348

Instituição Proponente: ASSOCIACAO PRO ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.946.166

Apresentação do Projeto:

De acordo.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De acordo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

De acordo.

Recomendações:

Não há.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De acordo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em conformidade com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, e com as normas internas do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale, todos

Endereço: RS 239, nº 2755

Bairro: Vila Nova

CEP: 93.525-075

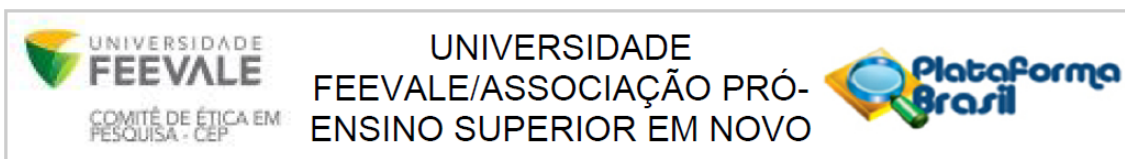
UF: RS

Município: NOVO HAMBURGO

Telefone: (51)3586-8800

Fax: (51)3586-9012

E-mail: cep@feevale.br



Continuação do Parecer: 2.946.166

os documentos necessários à análise do projeto acima referido por este Comitê foram apresentados. Este projeto preserva os aspectos éticos dos sujeitos da pesquisa, sendo, portanto, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale.

Reiteramos que o Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição encontra-se à sua disposição para equacionar eventuais dúvidas e/ou esclarecimentos que se fizerem necessários.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1084263.pdf	23/08/2018 15:09:21		Aceito
Outros	DeclaracaoDelInstituicaoCoparticipante.jpg	23/08/2018 15:08:19	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito
Outros	FormularioDeEncaminhamentoCEP.pdf	23/08/2018 15:04:52	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DeclaracaoPesquisadorResponsavel.jpg	20/08/2018 18:29:34	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoAssinada.pdf	20/08/2018 18:19:20	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOCEP.pdf	20/08/2018 17:21:20	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/08/2018 17:16:00	AMANDA DALLA CORT CHAVES	Aceito

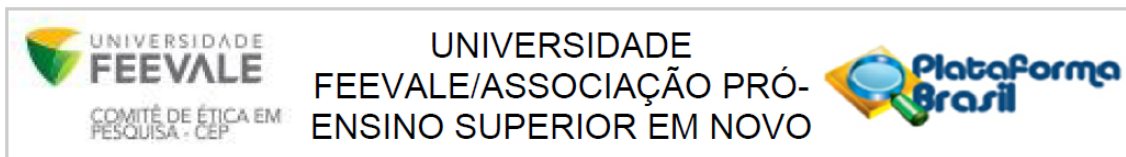
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: RS 239, nº 2755
Bairro: Vila Nova **CEP:** 93.525-075
UF: RS **Município:** NOVO HAMBURGO
Telefone: (51)3586-8800 **Fax:** (51)3586-9012 **E-mail:** cep@feevale.br



Continuação do Parecer: 2.946.166

NOVO HAMBURGO, 06 de Outubro de 2018

Assinado por:
Ranieli Gehlen Zapelini
(Coordenador(a))

Endereço: RS 239, nº 2755
Bairro: Vila Nova **CEP:** 93.525-075
UF: RS **Município:** NOVO HAMBURGO
Telefone: (51)3586-8800 **Fax:** (51)3586-9012 **E-mail:** cep@feevale.br

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Página 1 de 3



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa intitulado: Desenvolvimento e validação de metodologias ativas aliadas a aula expositiva tradicional como estratégia de ensino em Fisiologia Humana. O trabalho será realizado pelo pesquisador Cláudio Felipe Kolling da Rocha, professor da Universidade Feevale. O objetivo deste estudo é avaliar o uso de metodologias ativas aliadas ao método tradicional no ensino de Fisiologia Humana.

Sua participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em participar da metodologia de aula proposta, responder os questionários sobre o conteúdo aplicado e responder um questionário de percepção sobre a metodologia utilizada. Esta pesquisa está organizada em dois estudos principais, que serão realizados durante o período de dois anos na Universidade Feevale e na Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Em ambas as universidades serão realizadas aulas expositivas tradicionais como grupo controle e aulas expositivas tradicionais associadas à uma metodologia ativa (jogo educacional e modelos 3D) como grupos teste. Desta forma, você pode ser incluído nos grupos controle ou nos grupos teste.

Garantiremos o ressarcimento de suas despesas decorrentes de participação na pesquisa, tais como transporte e alimentação.

O risco e/ou desconforto relacionado a sua participação é de constrangimento relacionado a prática, podendo fazer você se sentir intimidado em realizar a atividade em um grupo ou em responder aos testes propostos.

Caso ocorra algum dos riscos e/ou desconfortos, para minimizá-los tomaremos como providências: os pesquisadores estarão responsáveis por explicar o propósito da atividade para que os indivíduos se sintam mais confiantes em realizá-la. Ademais, acompanharemos todo o decorrer da prática, a fim de tornar mínimos os riscos.

O pesquisador responsável, a Universidade Feevale e a Universidade Federal do Pampa, envolvidas nas diferentes fases da pesquisa proporcionarão assistência imediata e integral aos participantes da pesquisa no que se refere às possíveis complicações e danos decorrentes. Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste documento, têm direito à indenização, por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa.



A sua participação nesta pesquisa estará contribuindo para ajudar a validar novas metodologias ativas para ensino da disciplina de fisiologia, sendo que, se a avaliação final for positiva, o uso dessas metodologias pode ser utilizado de forma benéfica tanto para professores quanto para estudantes, buscando um aprendizado mais efetivo em sala de aula. Os resultados da pesquisa serão divulgados em periódicos especializados, resguardando o anonimato dos participantes.

Garantimos o sigilo de seus dados de identificação primando pela privacidade e por seu anonimato. Manteremos em arquivo, sob nossa guarda, por 5 anos, todos os dados e documentos da pesquisa. Após transcorrido esse período, os mesmos serão destruídos. Os dados obtidos a partir desta pesquisa não serão usados para outros fins além dos previstos neste documento.

Você tem a liberdade de optar pela participação na pesquisa e retirar o consentimento a qualquer momento, sem a necessidade de comunicar-se com o(s) pesquisador(es).

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será rubricado em todas as folhas e assinado em duas vias, permanecendo uma com você e a outra deverá retornar ao pesquisador. Abaixo, você tem acesso ao telefone e endereço eletrônico institucional do pesquisador responsável, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto a qualquer momento no decorrer da pesquisa.

Página 3 de 3



Nome do pesquisador responsável: Cláudio Felipe Kolling da Rocha

Telefone institucional do pesquisador responsável: (51) 3586-8800 Ramal 9074

E-mail institucional do pesquisador responsável: claudiodarocha@feevale.br

Assinatura do pesquisador responsável

Local e data: _____, _____ de _____ 20_____.

Declaro que li o TCLE: concordo com o que me foi exposto e aceito participar da pesquisa proposta.

Assinatura do participante da pesquisa

APROVADO PELO CEP/FEEVALE – TELEFONE: (51) 3586-8800 Ramal 9000

E-mail: cep@feevale.br

ANEXO C – ARTIGO “SYNAPTIC BOARD: AN EDUCATIONAL GAME TO HELP THE SYNAPTIC PHYSIOLOGY TEACHING-LEARNING PROCESS”

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z xppws S=1 12/3/19 10:45 MS: ADV-00083-2019 Ini: 1/j/RM

Adv Physiol Educ 44: 000–000, 2020;
doi:10.1152/advan.00083.2019.

ILLUMINATIONS

Synaptic board: an educational game to help the synaptic physiology teaching-learning process

AQ:au **Amanda Dalla’cort Chaves,^{1,2} Daniela Fernanda Pigozzo,¹ Cláudio Felipe Kolling da Rocha,¹ and Pâmela Billig Mello-Carpes²**

¹Laboratory of Physiology and Biophysics, Feevale University, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brazil; and ²Physiology Research Group, Federal University of Pampa, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brazil

Submitted 24 June 2019; accepted in final form 19 November 2019

INTRODUCTION

AQ:2 The formation of qualified health professionals begins with a qualified health curriculum (12, 22). One of the first challenges that health sciences’ students will face during their undergraduate education is the physiology course. Physiology studies how the body works, and, because of that, it is the basis for the construction of knowledge in other courses, like pathology and clinical approaches (19). In this sense, it is important that physiology contents be well understood, so the students will be able to integrate information (32).

The choice of teaching-learning methods is as important as the content to be taught (40). Research for innovative strategies and teaching methods have shown that active methods can be an alternative or a complementary approach to the traditional lecture (40). This method places the students at the center of their learning process, making them able to relate the contents to others courses, to exercise critical judgment, and, as a consequence, to apply those skills in their future work (8, 30). The work developed by Anderson et al. (1) showed that the use of active learning methods to teach physiology enabled students to present complicated concepts, evaluate themselves and their colleagues, and contribute effectively in small-group settings. The authors divided the class into groups and assigned questions or topics about different subjects, which should be explained later in the class.

It is known that the motivational factor is determinant in learning. The judgments, opinions, and values that the students have about objects, events, and learning processes impact their motivation (7, 16, 34). To promote long-term learning, it is essential to keep students motivated, and it involves promoting strategies to increase students’ motivation (17). Linked to the concept of motivation is also the definition of flow theory. The state of immersion flow is observed in cases of extreme concentration, combined with a distortion of the perception of time and loss of self-consciousness related to the practice of pleasurable activities (6). In a classroom, the experience of flow occurs when the teaching strategy keeps students focused, intrigued, and feeling pleasurable in the learning process (38).

The educational games (EGs) are used between the active strategies studied in the last years (2, 5, 15, 20, 21, 23, 24, 27). It has been demonstrated that the use of EGs for teaching can

motivate the students to learn and, in addition, promote effective learning (11, 18). One kind of game that can be used in education are board games (BGs); this type of game is played by moving pieces on a board, using strategies to continue progressing and look for the victory (11). Additionally, the group interactions during the BG can provide better social contact and provide learning opportunities. It has been suggested that BGs can facilitate learning through an immersion flow and individual need learning necessities (3, 11).

Despite the advantages, there are limited options to use EGs and BGs in physiology teaching. In this sense, we developed a BG to complement the teaching of an important and complex physiology content: the synaptic transmission (ST). Learning ST involves the comprehension of complex mechanisms describing how neurons pass information to each other (31). For Montezor et al. (25), the essential topics to be learned in ST content are the characterization of synapses, the identification of main functional differences between chemical and electrical synapses, and the functional effects involving these concepts (neural and neuromuscular events). Additionally, to make a correlation to the ST knowledge with clinical and pharmacological applications is important (25). The fact that this content involves complex causal mechanisms explains why it is difficult to understand; therefore, it is important to seek innovative teaching strategies to promote effective learning (13).

The synaptic board game (SBG) was designed and applied in class. The aim of this study is the development of the SBG and the students’ perception about its contribution to physiology learning.

MATERIALS AND METHODS

Game design. The whole construction of the game was based on the Design Science Research methodology (29, 37). The first step was to identify which topics in human physiology the students had more difficulty in learning, from the experience of teachers and tutors. ST was chosen. The game development team was composed of a Physiology Master student, two Biomedical Sciences Bachelors, and three undergraduate students from different careers (Biomedical Sciences, Graphic Design, and Production Management). The team met weekly, holding meetings in the brainstorming mold.

We chose a BG aiming to make the topic learning fun and dynamic, promoting a team-based learning moment. The BG involved gradually increases the difficulty levels, to motivate the students to want to reach the end. In addition, we developed simple rules for the game, so that it was intuitive to the players. The game was developed in Brazilian Portuguese, since the goal was to engage local students. The version

Address for reprint requests and other correspondence: P. B. Mello-Carpes, Physiology Research Group, Federal University of Pampa, BR 472, km 592, Uruguaiana 97503-970, RS, Brazil (e-mail: pamelacarpes@unipampa.edu.br).

AQ:1

AQ:1

2

SYNAPTIC BOARD

presented in this paper was translated, since one of our goals is to share it with the physiology educators' community.

The essential instruments to play the game are a board, game rules, an Android phone for questions, and pawns. The game's board has 50 spaces (plus the starting space, action potential, and 3 different destinations) (Fig. 1). It should be played by at least two students, with a maximum of three. The board spaces have been divided into different colors that represent the three levels of question difficulty; the questions must be answered when the player throws one die and lands on a space. To initiate the game, players must choose a pawn to represent them during the game (acetylcholine, green pawn; noradrenaline, yellow pawn; or ion, blue pawn) and, knowing their identity, must keep in mind their correct destination (cholinergic receptor, adrenergic receptor, or communicating junction). To move in the spaces, the players must play the die and answer a question according to the color (difficulty level) of the space in which they land. The physical structure of the board can be seen in Fig. 1, and the rules of the game can be found in Table 1.

Questions about ST (Table 2) were proposed and revised by the authors, which include two physiology professors with experience in the field, from two different universities (one public and one private). The questions were divided into three levels of difficulty (easy, medium, and hard). At the end, 71 questions were written, with 28 being at the easy, 25 at the medium, and 19 at the hard level.

For the questions, we decided to use an android mobile application (app), which was developed by us (Fig. 2). The app was created using the Massachusetts Institute of Technology App Inventor tool, and the

students should download it to their own phone. *Screen 1* shows the "Let's Play!" button (Fig. 2A). On *screen 2*, the students find an access code screen to guarantee their access to the questions only on the day of the intervention; the access code is quizzlib. (Fig. 2B). On *screen 3*, the students find three buttons that indicate the three levels of the questions' difficulty (Fig. 2C). According to the space on the board, the player should choose the corresponding level, and the app shows a random question and indicates if the answer is correct or not (Fig. 2D). For a wrong answer, the correct one is show on the screen. The app questions can also be played as a quiz mode for students to use for later studies, in that the same questions were included. As the app was independently developed by the authors, it is not in the Play Store for download. Thus, to download it, it is necessary to check if the security settings of the phone allow it. The app was developed in Portuguese and English, and both versions can be downloaded by the link: <https://drive.google.com/drive/folders/1h8Uk-wlpD0mDqCLQXEJtGqXx3J-ibdr>.

The questions used in the game can vary according to the course and the professor's planning. In addition, the use of an app is optional. Alternative ways to play the game without the app include the use of cards with different questions levels, the use of a list of questions, the formulation of questions by the students during the game, and others.

The pawns for the game can be bought or created. In our case, we designed the pawns on our own, using Fusion 360 software and a 3D printer. We used three pawns for each board, one green, one yellow and one blue, according to the meanings previously described.

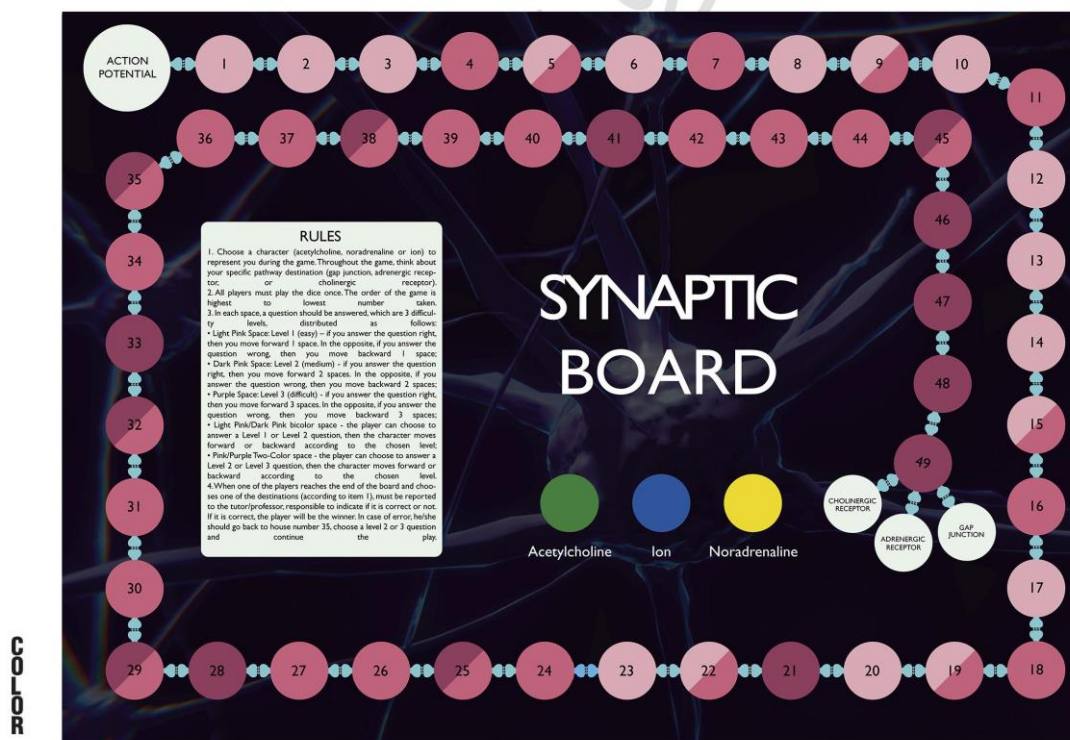


Fig. 1. Synaptic board game structure. The board design, spaces structure, pawn colors, and game rules are shown.

Table 1. *Synaptic board game rules*

1. Choose a character (acetylcholine, noradrenaline, or ion) to represent you during the game. Throughout the game, think about your specific pathway destination (gap junction, adrenergic receptor, or cholinergic receptor).
2. All players must play the die once. The order of the game is highest to lowest number taken.
3. In each space, a question should be answered, which are 3 difficulty levels, distributed as follows:
 - Light pink space: *level 1* (easy). If you answer the question right, then you move forward 1 space. In the opposite, if you answer the question wrong, then you move backward 1 space.
 - Dark pink space: *level 2* (medium). If you answer the question right, then you move forward 2 spaces. In the opposite, if you answer the question wrong, then you move backward 2 spaces.
 - Purple space: *level 3* (difficult). If you answer the question right, then you move forward 3 spaces. In the opposite, if you answer the question wrong, then you move backward 3 spaces.
 - Light pink/dark pink bicolor space. The player can choose to answer a *level 1* or *level 2* question. Then the character moves forward or backward according to the chosen level.
 - Pink/purple two-color space. The player can choose to answer a *level 2* or *level 3* question. Then the character moves forward or backward according to the chosen level.
4. When one of the players reaches the end of the board and chooses one of the destinations (according to *item 1*), it must be reported to the tutor/professor who is responsible for indicating whether it is correct or not. If it is correct, the player will be the winner. In case of error, he/she should go back to *space 35*, choose a *level 2* or *3* question, and continue to play.

Before the class application, the SBG was tested in three pilot studies with students who had already finished the physiology course, and professors. In the pilots, the number of spaces, the difficulty of the questions, and the game time were the main aspects verified. In addition, the participants of this stage were asked to opine about the game and give suggestions for changes, which were evaluated by the authors.

Game application on physiology class. We used the game as an educational tool to reinforce the learning of a subject already taught in a lecture classroom. Forty students from Physiotherapy (54%) and Nursing (46%) careers from a public Brazilian university participated. The mean age of participants was 19 ± 1.60 yr; the participants were 89% female and 11% male. Most of the students (93%) were in the first year, and a minority was in the second year (7%) of the undergraduate program.

The SBG was applied in practical classes 3 days after the lecture class about the ST. Previously, the students were invited to participate in the research, and those who accepted signed a consent form. This study was approved by the Institutional Ethics Committee (Institutional Review Board no. 2.496.166).

The traditional lecture class lasted ~2.5 h. It aimed to address the main concepts of ST, the differences between chemical and electrical synapses, and to exemplify these concepts with brief applied examples, such as pharmacological ones. In the end of the class, the students were instructed to download an app that would be used for the game in the following class and also received a list of questions to study (not the same as for the SBG).

For the application of SBG, the class was divided into three smaller classes. Each class/group has 1 h to play the game. In each class, the students were divided into groups of two or three individuals to play the game. Then the students were instructed about the game rules before it started. After the game was finished, the students answered an opinion questionnaire about the SBG.

T3 *Evaluation method.* A questionnaire (Table 3) composed of six closed questions was used to address the students' opinions about the SBG, including a self-assessment of the students about their performance in the course, their opinion about their learning with the use of the game, and about the game's use in other courses. Besides that, the students were asked to attribute a grade to the activity, considering a scale from 0 to 10. For the closed questions, the absolute frequency was obtained from the data, and the relative frequency was calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Our results show that the students consider that the SBG contributes to ST physiology understanding and learning. Considering their self-rated performance in the physiology course,

68% believe that it was good or great and 33% that it was regular (Table 3, *question 1*), so most of the students were confident about their performance. This is important because, according to the literature, perceived self-confidence leads to motivated performance (9). Sturges and colleagues (39) analyzed the relation of the motivation of 1,210 academics and their final grades in human anatomy and physiology; the authors found a significant relationship between students' expected grade and their final grade in class. Motivation is considered an essential factor for learning (14), and EG is an interesting educational tool because it keeps players motivated (4). The game has the ability to engage the player in a captivating and focused way; in the educational context, it increases students' interest in the content and, consequently, facilitates effective learning (10).

All of the students agreed that SBG contributed to ST understanding and that it is an interesting tool to use in physiology teaching (Table 3, *questions 2* and *3*). In addition, all of them considered SBG to be an interesting tool, and 93% considered it important to understand ST concepts, complementing the lecture classes (Table 3, *questions 4* and *5*). Marcondes et al. (21) used a puzzle to teach cardiac cycle for health students and found that, for most students, the use of the game helped to fix the content (64.5%), and for many of them the game was considered essential to understanding the content (30.9%). Machado et al. (35) showed that "the membrane potential puzzle" contributed to students' understanding of the action potential content, and that it was an interesting tool to use in physiology teaching. The game, "Who Wants To Be A Physician?", based on the television game show, "Who Wants To Be A Millionaire," was created by Moy et al. (26), with the purpose of explaining physiology of the lungs for first-year medical students; the authors verified that the students responded positively to the game. So we believe that SBG may be an important tool to help in ST physiology teaching.

In the end, students were asked to attribute a grade to the SBG, considering a scale from 0 to 10 (Table 3, *question 7*). The average grade attributed was 9.39 ± 0.86 . Additionally, 95% of the students affirmed that they would recommend to other teachers the use of EGs in their classes (Table 3, *question 6*). These results confirm that the game was well accepted and agree with previous studies that investigated students' opinions

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	Ini: 1/jj/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

4 SYNAPTIC BOARD

Table 2. Questions included in the synaptic board game

Question No.	Category	Question	Correct Answer	Incorrect Answer 1	Incorrect Answer 2
1	Level 1: Easy	What is a gap junction?	A membrane channel that allows the connection between two cells in an electrical synapse	A type of postsynaptic receptor present in chemical synapses	A channel that allows the connection between two cells in a chemical synapse
2	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that has a bidirectional response?	Electrical synapse	Chemical synapse	Both
3	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that usually has a unidirectional response?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both
4	Level 1: Easy	Comparing chemical and electrical synapses, which one has the fastest response?	Electrical synapse	Chemical synapse	Both have the same speed of response
5	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that is most easily modulated?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both can be modulated equally
6	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that involves the neurotransmitter's release?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both
7	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that involves the propagation of information between two excitable cells?	Both	Chemical synapse	Electrical synapse
8	Level 1: Easy	An advantage of this type of synapse is the synchrony in the activity of a group of cells. Which is this type of synapses?	Electrical synapse	Chemical synapse	Both
9	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that presents gap junctions?	Electrical synapse	Chemical synapse	Both
10	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that presents a synaptic cleft?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both
11	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that has pre- and postsynaptic neuron/excitatory cell?	Both	Chemical synapse	Electrical synapse
12	Level 1: Easy	Which alternative presents organelles that can be found in the presynaptic neuron of a chemical synapse?	Mitochondria and synaptic vesicles	Vesicles with neurotransmitters and gap junctions	Gap junctions and mitochondria
13	Level 1: Easy	We can find in the postsynaptic neuron of a chemical synapse:	Chemical receptors	Gap junctions	Gap junctions and receptors
14	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that can have ionotropic receptors?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both
15	Level 1: Easy	Which is the type of synapse that can have metabotropic receptors?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both
16	Level 1: Easy	Which type of synapse depends on the arrival of an action potential to initiate communication?	Both	Chemical synapse	Electrical synapse
17	Level 1: Easy	Which type of synapse has almost zero synaptic delay in the information passage between cells?	Electrical synapse	Chemical synapse	Both
18	Level 1: Easy	In chemical synapses, the electrical signal is transformed in a chemical signal. This chemical signal is sent in the form of a:	Neurotransmitter	Receptor	Ca ²⁺ channel

Continued

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	Ini: 1/jl/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

SYNAPTIC BOARD

5

Table 2.—Continued

Question No.	Category	Question	Correct Answer	Incorrect Answer 1	Incorrect Answer 2
19	Level 1: Easy	In chemical synapses, who responds to chemical signal in the postsynaptic neuron?	Receptor	Neurotransmitter	Ca ²⁺ channel
20	Level 1: Easy	Which type of synapse involves a larger number of mitochondria?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both involve an equivalent number of mitochondria
21	Level 1: Easy	Which cell type cannot be part of a synapse?	Hepatocyte	Neuron	Muscle cell
22	Level 1: Easy	Considering three types of cells cited, which one can be part of a synapse?	Smooth muscle cell	Red blood cells	Dermis' cells
23	Level 1: Easy	Considering the cells/structures cited below, which one cannot be part of an electrical synapse?	Neuromuscular junction	Heart	Smooth muscle
24	Level 1: Easy	During chemical synapse activation, the arrival of an action potential in the synaptic terminal stimulates the opening of:	Ca ²⁺ voltage-dependent channels	Vesicles	Na ⁺ voltage-dependent channels
25	Level 1: Easy	During chemical synapse activation, the opening of Ca ²⁺ voltage-dependent channels stimulates:	The fusion of vesicles containing neurotransmitters with presynaptic neuron membrane	The transport of vesicles from pre- to postsynaptic neuron	The receptors opening in the postsynaptic neuron
26	Level 1: Easy	In a chemical synapse, in addition to the calcium, the neurotransmitter exocytosis in the synaptic cleft requires:	ATP	Sodium	Acetylcholine
27	Level 1: Easy	In a chemical synapse, where are the neurotransmitters released?	In the synaptic cleft	Directly in the postsynaptic neuron	Into the gap junction
28	Level 1: Easy	What is the structure that guarantees the connection between two cells in an electrical synapse?	Gap junctions	Synaptic cleft	Ionotropic receptor
29	Level 2: Medium	The neurotransmitters presented in a chemical synapse are:	Excitatory or inhibitory	Always excitatory	Always inhibitory
30	Level 2: Medium	Which type of receptor can be present in a chemical synapse?	Both	Ionotropic	Metabotropic
31	Level 2: Medium	The stimulation of an ionotropic receptor <i>always</i> promotes:	The opening of an ion channel	The opening of a Ca ²⁺ channel	The influxes of Na ⁺ ions
32	Level 2: Medium	What is the effect of a metabotropic receptor stimulation?	The activation of second messengers	The activation of first messengers (neurotransmitters)	The transport of vesicles
33	Level 2: Medium	What type of receptor is coupled to a G protein?	Metabotropic	Ionotropic	Both
34	Level 2: Medium	How are the neurotransmitters stored in the presynaptic neuron?	Inside vesicles	Free in the cytoplasm	Inside the endoplasmic reticulum
35	Level 2: Medium	The postsynaptic receptor of a chemical synapse must be:	Specific for a neurotransmitter	Always coupled with a G protein	Always an ion channel
36	Level 2: Medium	What is the fundamental role of Ca ²⁺ in the chemical synaptic transmission?	To promote the neurotransmitter exocytosis	To stimulate the generation of an action potential	To help the cell restore its resting potential
37	Level 2: Medium	The Ca ²⁺ channels present in presynaptic neuron are activated by:	Voltage	Mechanical stimulus	Ligand
38	Level 2: Medium	In the chemical synapse, the neurotransmitters are released by:	Exocytosis	Endocytosis	Pinocytosis

Continued

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	lni: 1/jl/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

6

SYNAPTIC BOARD

Table 2.—Continued

Question No.	Category	Question	Correct Answer	Incorrect Answer 1	Incorrect Answer 2
39	Level 2: Medium	In a chemical synapse, the postsynaptic receptors are NOT activated by:	Ions	Ligands	Chemical messengers
40	Level 2: Medium	Considering a chemical synapse, it is correct affirm that the neurotransmitters are release from the _____ of the presynaptic neuron.	Axon terminal	Neuron body	Dendrites
41	Level 2: Medium	An advantage of a chemical synapse is:	The larger possibility of modulation of the final response	The faster response	The propagation of the signal in two directions
42	Level 2: Medium	A neuron can:	Make multiple synaptic connections	Make just one synaptic connection with another neuron	Make synapses with nonexcitable cells
43	Level 2: Medium	A synapse may NOT occur on:	Nonexcitable cells	Smooth muscle cells	Heart cells
44	Level 2: Medium	The heart cells need synchronous activation to guarantee the effectiveness of the heart contraction. Knowing this, what kind of synapse is better to fulfill this function?	Electrical synapse, because this type of synapse promotes quick signal propagation	Chemical synapse, because this type of response promotes great modulation	Electrical synapse, because this type of response promotes unidirectional propagation
45	Level 2: Medium	What is most prevalent type of synapse in the central nervous system?	Chemical synapse	Electrical synapse	Both are present in the same frequency
46	Level 2: Medium	The electrical synapse, in comparison to chemical synapse, has:	Higher signal propagation speed	Greater possibility of modulation of the final response	Signal propagation in only one direction
47	Level 2: Medium	A step of the chemical synaptic transmission is NOT:	The binding of neurotransmitters to the communicating gap junctions	The binding of neurotransmitters to receptors in postsynaptic neuron	The arrival of the action potential in axon terminal of the presynaptic neuron
48	Level 2: Medium	A step of the chemical synaptic transmission is NOT:	The fusion of vesicles containing neurotransmitters with the postsynaptic neuronal membrane	The opening of voltage-dependent Ca^{2+} channels in the terminal of the presynaptic neuron	The fusion of neurotransmitter-containing vesicles with the presynaptic membrane
49	Level 2: Medium	A step of the electrical synaptic transmission is NOT:	The fusion of the vesicles containing neurotransmitters with the presynaptic neuronal membrane	The electrical stimulus passage through the gap junctions	The ion passage through the gap junctions
50	Level 2: Medium	The electrical synapse favors bidirectional movement of:	Ions	Neurotransmitters	Vesicles
51	Level 2: Medium	In a chemical synapse, after the arriving of action potential in the axon terminal, what is the next step?	The opening of Ca^{2+} voltage-dependent channels in the axon terminal	The release of neurotransmitters in the synaptic cleft	The fusion of vesicles with the presynaptic membrane
52	Level 2: Medium	In a chemical synapse, after opening of Ca^{2+} channels, what is the next step?	The fusion of vesicles containing neurotransmitters with the presynaptic membrane	The release of neurotransmitters in synaptic cleft	The neurotransmitter binding to postsynaptic neuron receptor
53	Level 2: Medium	In a chemical synapse, after releasing the neurotransmitters, what is the next step?	The binding of neurotransmitters to postsynaptic neuron receptor	The voltage-dependent Ca^{2+} channels opening	The vesicles containing the neurotransmitters fusion with the postsynaptic membrane
54	Level 3: Hard	A neurotransmitter may NOT bind to:	A gap junction	A channel protein	A transmembrane protein
55	Level 3: Hard	Electric synapses are present in the unitary smooth muscle and in the cardiac muscle. The properties of this type of synapse are important for:	The rapid propagation and synchronous activation of these muscle fibers	The great modulation and fast response	The unidirectional propagation and synchronous activation of these muscle fibers

Continued

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	Ini: 1/jl/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

SYNAPTIC BOARD

7

Table 2.—Continued

Question No.	Category	Question	Correct Answer	Incorrect Answer 1	Incorrect Answer 2
56	Level 3: Hard	Fast electric synaptic transmission favors:	A synchronous response of a group of cells	A greater signal modulation	Both
57	Level 3: Hard	In which part of the neuron are the main chemical neurotransmitters synthesized?	In the neuronal body	In the dendrites	In the axon terminal
58	Level 3: Hard	Considering chemical synapses, we know that ionotropic receptors generate effects on the postsynaptic membrane faster than metabotropic ones. So, what is the advantage of metabotropic receptors?	The amplification of the final response	The excitement of a larger number of cells	The mobilization of a great number of neurotransmitters
59	Level 3: Hard	After a chemical synapse, what is a possible destination for the neurotransmitter?	The diffusion out of the synaptic cleft	Evaporation	Internalization by postsynaptic neurons
60	Level 3: Hard	After a chemical synapse, what is a possible destination for the neurotransmitter?	The inactivation by enzymes present in the synaptic cleft	Evaporation	Internalization by postsynaptic neuron
61	Level 3: Hard	After a chemical synapse, is it correct to say that an action potential will be generated in the postsynaptic neuron?	Only if the sum of stimulus received by the postsynaptic membrane reach the threshold	Yes, always	No, never
62	Level 3: Hard	A postsynaptic potential is:	A graduated electrical potential that can occur in response to a chemical synapse	A subtype of action potential	An electrical potential that can also occur in nonexcitable cells
63	Level 3: Hard	Postsynaptic potentials can be summed. This summation can be:	Temporal and/or spatial	Atemporal and/or special	Localized and/or specific
64	Level 3: Hard	Acetylcholine produces motor plate depolarization and heart hyperpolarization. Norepinephrine produces a stimulatory response in heart and inhibitory response in vascular smooth muscle. What is the main factor that determines these different effects of the same neurotransmitter?	The different receptors found in the target cells	The amount of neurotransmitter released	The type of synapse
65	Level 3: Hard	An agonist of a neurotransmitter corresponds to a substance that:	Binds to postsynaptic receptor, mimicking the effect of the neurotransmitter	Binds to the postsynaptic receptor, nullifying the effect of the neurotransmitter	Avoid the neurotransmitter release by presynaptic neuron
66	Level 3: Hard	An antagonist of a neurotransmitter corresponds to a substance that:	Binds to the postsynaptic receptor, blocking the effect of the neurotransmitter	Binds to the postsynaptic receptor, mimicking the effect of the neurotransmitter	Avoid the neurotransmitter release by presynaptic neuron
67	Level 3: Hard	The synapse between a neuron and the skeletal muscle, called neuromuscular junction, is considered infallible. One reason is that:	It always uses the same neurotransmitter, acetylcholine, which is released in a large amount	It is a very fast electrical synapse	It always uses the same neurotransmitter, sodium, which is released in sufficient quantities to ensure muscle contraction
68	Level 3: Hard	Generating or not an action potential in the postsynaptic neuron after a chemical synapse depends on:	The summation of the postsynaptic potentials generated in the neuron membrane, which can or cannot lead the membrane potential to the threshold.	The summation of the action potentials generated on the neuron membrane	After a chemical synapse, the action potential always occurs in the postsynaptic neuron

Continued

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	Ini: 1/jl/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

8

SYNAPTIC BOARD

Table 2.—Continued

Question No.	Category	Question	Correct Answer	Incorrect Answer 1	Incorrect Answer 2
69	Level 3: Hard	In an experiment about synaptic transmission, a chemical synapse was placed in a fluid equivalent to extracellular fluid, but without calcium. An action potential was initiated in the presynaptic neuron. Although the action potential reached the axon terminal, the response in the postsynaptic cell did not occur. What conclusion did researchers reach based on this result?	That the event between the arrival of the action potential at the presynaptic terminal and the response generation in the postsynaptic neuron is calcium dependent	That all action potentials are calcium dependent	That all liquid fluid must have calcium
70	Level 3: Hard	One of the classes of antidepressants is the selective serotonin receptor inhibitors. What do these drugs do with serotonin activity in synapse?	They increase the time that serotonin is available in synaptic cleft	They decrease the time that serotonin is active in synaptic cleft	Anything
71	Level 3: Hard	Why are axon terminals sometimes called biological transducers?	Because they convert an electrical signal (action potential) to a chemical signal (neurotransmitter)	Because they convert a chemical signal (neurotransmitter) into an electrical signal (action potential)	Because they generate energy

about EGs. In a study realized by Rose (33), most of the students reported that a BG developed by the authors that helped them to understand and learn the metabolic pathways was helpful to their learning. Another example is the biofilm building, a BG created to teach students about bacterial bio-

films (24). Shiroma and colleagues (36) developed a game about psychopharmacology to teach medical students; the students reported that they enjoyed the game and affirmed that it was effective in increasing their knowledge about the subject. Finally, in a study developed by Odenweller and col-

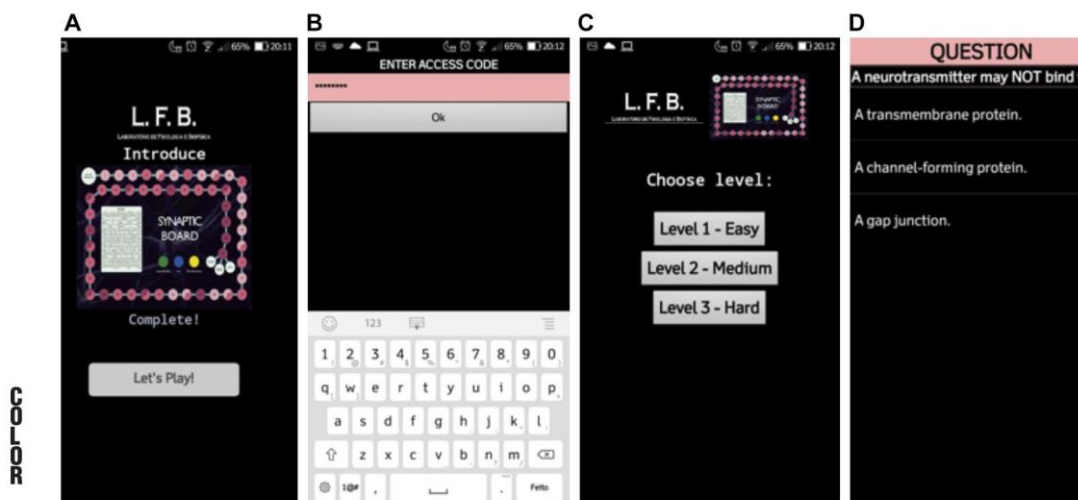


Fig. 2. Synaptic board game app. *A*: screen 1 shows the “Let’s Play!” button. *B*: on screen 2 the students find an access code screen to guarantee their access to the questions only on the day of the intervention; the access code is quizzlfb. *C*: on screen 3, the students find three buttons that indicate the three levels of questions’ difficulty. *D*: according to the space on the board, the player should choose the corresponding level, and the app shows a random question and indicates if the answer is correct or not.

tapraid4/zu1-adva/zu1-adva/zu100120/zu13376d19z	xppws	S=1	12/3/19	10:45	MS: ADV-00083-2019	Ini: 1/jl/RM
---	-------	-----	---------	-------	--------------------	--------------

SYNAPTIC BOARD

9

Table 3. *Students opinion about the synaptic board game*

Question	Objective	Answers	Summary of Responses, <i>n</i> (%)
1. How do you rate your performance in this course?	To verify students' self-criticism regarding their performance in physiology	Great Good Regular Bad	2 (5) 25 (63) 13 (33) 0 (0)
2. Do you think using the SBG contributed to your understanding of the content?	To verify students' opinion about game contribution in ST learning	Yes No	40 (100) 0 (0)
3. Do you think that the SBG is an interesting tool to use in physiology teaching?	To verify students' opinion about SBG effectiveness as a tool to use in physiology teaching	Yes No	40 (100) 0 (0)
4. In your opinion using the SBG in the classroom was (Check as many options as you like.)	To verify students' general opinion about SBG	Important for your understanding of the ST concepts, complementing the lecture classes Essential for your understanding of the ST concepts, because, with only the classes, I would not be able to understand Fun, because it provided an informal moment of collective discussion of the content in working groups Unnecessary; lecture lessons would be enough for the understanding of the content, without necessity of a game	37 (93) 8 (20) 33 (8%) 0 (0)
5. In your opinion, the use of games in the Human Physiology course.... (Check as many alternatives as you want.)	To verify students' opinion about use of games in Human Physiology course	Is interesting Allows for a better understanding of the contents worked in class Is funny Instigates curiosity and the desire to understand more about physiology Is boring	29 (73) 36 (90) 30 (75) 29 (73) 0 (0)
6. Would you recommend to other teachers the use of educational games in their classrooms?	To verify students' perception about the games' applicability in other courses	Yes No No response	38 (95) 1 (2.5) 1 (2.5)
7. Assign a grade for the use of the SBG, considering a scale from 0 to 10.	To evaluate the SBG in the participant's view		9.39 ± 0.86

Values are *n*, no. of responses (with percentage in parentheses). Results are given as absolute and relative frequency for the closed questions (questions 1–6). In question 7, the mean ± SD is given. SBG, synaptic board game; ST, synaptic transmission.

leagues (28), a card game was used to teach the subject; students commented that this methodology was able to emphasize the material and helped the memorization process.

The undergraduate students affirmed that the EG is important to complement the theory taught by the professor in a lecture class, and they also consider it as an important tool to provide a funny and sociable moment. In fact, EGs have been showing their importance in the area of education: they are capable of changing the behavior of students in the classroom, stimulating them to be more active and sociable. In research realized by Rose (33), the students related that the fact that the game was fun and enjoyable motivated them to learn more about the subject: they got enthusiastic. These data match with the opinion of the students who participated in this research: most of them think that the SBG is interesting, funny, allows a better understanding of the theory, and instigates them to search to increase their knowledge about the subject.

In general, the studies recommend the use of EG as strategy to facilitate teaching. This is because the games can be a powerful tool to use in the classroom, instigating the students to get a better performance (33). They also enable student-to-student interaction, which can produce team learning (33). In this study, a BG for ST content for physiology classes was

designed and tested with students to find out their opinion about this teaching strategy. Their opinion was extremely positive, which makes us excited. We expect that the SBG can be a way to make synaptic physiology learning easier and more fun.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Renan Vinícius Colório, Jáderson Machado Rosa, Lucas Gazzani Araújo Silva, and João Miguel Menezes Dutra for helping with planning, design, and illustration of the board game. The authors also thank all of the undergraduate students who participated in the implementation and development of the proposed activities.

DISCLOSURES

No conflicts of interest, financial or otherwise, are declared by the authors. AQ: 3

AUTHOR CONTRIBUTIONS

A.D.C., D.F.P., C.F.K.d.R., and P.B.M.-C. conceived and designed research; A.D.C. and D.F.P. performed experiments; A.D.C., C.F.K.d.R., and P.B.M.-C. analyzed data; A.D.C., C.F.K.d.R., and P.B.M.-C. interpreted results of experiments; A.D.C. and P.B.M.-C. prepared figures; A.D.C. and P.B.M.-C. drafted manuscript; A.D.C., D.F.P., C.F.K.d.R., and P.B.M.-C. edited and revised manuscript; A.D.C., D.F.P., C.F.K.d.R., and P.B.M.-C. approved final version of manuscript. AQ: 4

REFERENCES

1. Anderson GL, Passmore JC, Wead WB, Falcone JC, Stremel RW, Schuschke DA. Using "active learning" methods to teach physiology. *Med Sci Educ* 21: 8–20, 2011. doi:10.1007/BF03341589.
2. Anyanwu EG. Anatomy adventure: a board game for enhancing understanding of anatomy. *Anat Sci Educ* 7: 153–160, 2014. doi:10.1002/ase.1389.
- AQ:5 3. Bochennek K, Wittekindt B, Zimmermann SY, Klingebiel T. More than mere games: a review of card and board games for medical education. *Med Teach* 29: 941–948, 2007. doi:10.1080/01421590701749813.
4. Burgers C, Eden A, Van Engelenburg MD, Buningh S. How feedback boosts motivation and play in a brain-training game. *Comput Human Behav* 48: 94–103, 2015. doi:10.1016/j.chb.2015.01.038.
5. Coil DA, Ettinger CL, Eisen JA. Gut check: the evolution of an educational board game. *PLoS Biol* 15: e2001984, 2017. doi:10.1371/journal.pbio.2001984.
6. Csikszentmihalyi M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience: Steps Toward Enhancing the Quality of Life*. New York: Harper, 1991.
7. Deci EL, Ryan RM. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. *Contemp Educ Psychol* 25: 54–67, 2000. doi:10.1006/ceps.1999.1020.
8. Diesel A, Baldez ALS, Martins SN. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Rev Thema* 14: 268–288, 2017. doi:10.15536/thema.14.2017.268-288.404.
9. Druckman D, Bjork RA (Editors). *Self-confidence and performance. In: Learning, Remembering, Believing: Enhancing Human Performance*. New York: National Academies Press, 1994, p. 173–206.
10. Foster A. Games and motivation to learn science: personal identity, applicability, relevance and meaningfulness. *J Interact Learn Res* 19: 597–614, 2008.
11. Gauthier A, Kato PM, Bul KCM, Dunwell I, Walker-Clarke A, Lamerias P. Board games for health: a systematic literature review and meta-analysis. *Games Health J* 8: 85–100, 2019. doi:10.1089/g4h.2018.0017.
12. Gomes AP, Arcuri MB, Cristel EC, Ribeiro RM, Souza LMBM, Siqueira-Batista R. Avaliação no ensino médico: o papel do portfólio nos currículos baseados em metodologias ativas. *Rev Bras Educ Med* 34: 390–396, 2010. doi:10.1590/S0100-55022010000300008.
13. Goodman BE, Barker MK, Cooke JE. Best practices in active and student-centered learning in physiology classes. *Adv Physiol Educ* 42: 417–423, 2018. doi:10.1152/advan.00064.2018.
14. Hayat AA, Salehi A, Kojuri J. Medical student's academic performance: the role of academic emotions and motivation. *J Adv Med Educ Prof* 6: 168–175, 2018.
15. Jones JS, Tincher L, Odeng-Otu E, Herdman M. An educational board game to assist PharmD students in learning autonomic nervous system pharmacology. *Am J Pharm Educ* 79: 114, 2015. doi:10.5688/ajpe798114.
16. Koca F. Motivation to learn and teacher–student relationship. *J Int Educ Leadersh* 6: 1–20, 2016.
17. Lin YG, McKeachie WJ, Kim YC. College student intrinsic and/or extrinsic motivation and learning. *Learn Individ Differ* 13: 251–258, 2003. doi:10.1016/S1041-6080(02)00092-4.
18. Luchi KCG, Montezor LH, Marcondes FK. Effect of an educational game on university students' learning about action potentials. *Adv Physiol Educ* 41: 222–230, 2017. doi:10.1152/advan.00146.2016.
19. Machado RS, Mello-Carpes PB. Status of research on physiology education in Brazil. *Adv Physiol Educ* 42: 547–554, 2018. doi:10.1152/advan.00036.2018.
20. Machado RS, Oliveira I, Ferreira I, das Neves BS, Mello-Carpes PB. The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. *Adv Physiol Educ* 42: 79–83, 2018. doi:10.1152/advan.00100.2017.
21. Marcondes FK, Moura MJCS, Sanches A, Costa R, de Lima PO, Groppo FC, Amaral MEC, Zeni P, Gavião KC, Montezor LH. A puzzle used to teach the cardiac cycle. *Adv Physiol Educ* 39: 27–31, 2015. doi:10.1152/advan.00116.2014.
22. Marin MJS, Lima EFG, Paviotti AB, Matsuyama DT, Da Silva LKD, Gonzalez C, Druzian S, Ilias M. Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. *Rev Bras Educ Med* 34: 13–20, 2010. doi:10.1590/S0100-55022010000100003.
23. McCabe H. Civil war: a board game as pedagogy and critique. *Stud Health Technol Inform* 256: 643–651, 2018.
24. McOwat K, Stanley-Wall NR. Biofilm building: a simple board game to reinforce knowledge of biofilm formation. *J Microbiol Biol Educ* 19: 1–2, 2018. doi:10.1128/jmbe.v19i1.1355.
25. Montezor LH. The synaptic challenge. *Adv Physiol Educ* 38: 187–190, 2014. doi:10.1152/advan.00145.2013.
26. Moy JR, Rodenbaugh DW, Collins HL, DiCarlo SE. Who wants to be a physician? An educational tool for reviewing pulmonary physiology. *Adv Physiol Educ* 24: 30–37, 2000. doi:10.1152/advances.2000.24.1.30.
27. Noveletto F, Soares AV, Mello BA, Sevegnani CN, Eichinger FLF, Hounsell MDS, Bertemes-Filho P. Biomedical serious game system for balance rehabilitation of hemiparetic stroke patients. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 26: 2179–2188, 2018. doi:10.1109/TNSRE.2018.2876670.
28. Odenweller CM, Hsu CT, DiCarlo SE. Educational card games for understanding gastrointestinal physiology. *Am J Physiol* 275: S78–S84, 1998. doi:10.1152/advances.1998.275.6.S78.
29. Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger MA, Chatterjee S. A design science research methodology for information systems research. *Indian J Pure Appl Phy* 24: 45–77, 2007. doi:10.2753/MIS0742-1222240302.
30. Pinto AS da S, Bueno MRP, Silva MAF do A, Sellmann MZ, Koehler SME. Inovação didática—projeto de reflexão e aplicação de metodologias ativas de aprendizagem no ensino superior: uma experiência com "peer instruction". *Janus* 9: 76–87, 2012.
31. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia A-S, White LE. *Neuroscience* (5th ed.). Sunderland, MA: Sinauer, 2012.
32. Rehan R, Ahmed K, Khan H, Rehman R. A way forward for teaching and learning of physiology: students' perception of the effectiveness of teaching methodologies. *Pak J Med Sci* 32: 1468–1473, 2016. doi:10.12669/pjms.326.10120.
33. Rose TM. A board game to assist pharmacy students in learning metabolic pathways. *Am J Pharm Educ* 75: 183, 2011. doi:10.5688/ajpe759183.
34. Ryan RM, Deci EL. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. *Contemp Educ Psychol* 25: 54–67, 2000. doi:10.1006/ceps.1999.1020.
35. Seabra Machado R, Oliveira I, Ferreira I, Souto das Neves B-H, Mello-Carpes PB. The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. *Adv Physiol Educ* 42: 79–83, 2018. doi:10.1152/advan.00100.2017.
36. Shiroma PR, Massa AA, Aларon RD. Using game format to teach psychopharmacology to medical students. *Med Teach* 33: 156–160, 2011. doi:10.3109/0142159X.2010.509414.
37. Simon HA. *The Sciences of the Artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press, 1969.
38. Stormoen S, Urke HB, Tjomsland HE, Wold B, Diseth Å. High school physical education: what contributes to the experience of flow? *Eur Phys Educ Rev* 22: 355–371, 2016. doi:10.1177/1356336X15612023.
39. Sturges D, Maurer TW, Allen D, Gatch DB, Shankar P. Academic performance in human anatomy and physiology classes: a 2-yr study of academic motivation and grade expectation. *Adv Physiol Educ* 40: 26–31, 2016. doi:10.1152/advan.00091.2015.
40. Woods M, Rosenberg ME. Educational tools: thinking outside the box. *Clin J Am Soc Nephrol* 11: 518–526, 2016. doi:10.2215/CJN.02570315.

APÊNDICE A – TESTES DE CONHECIMENTO

QUESTÕES TRANSMISSÃO SINÁPTICA – PRÉ-TESTE

1. Sobre transmissão sináptica, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> Transmissão sináptica é a propagação de informação de uma célula para outra.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Há dois tipos de sinapses: química e elétrica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse química, não há a liberação de neurotransmissores.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse elétrica, a informação passa de uma célula para a outra por meio de junções comunicantes.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

2. Sobre sinapse química, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> Um potencial de ação estimula a abertura de canais de Ca^{2+} dV.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> O sinal para liberação das vesículas contendo neurotransmissores é o influxo de Ca^{2+} .	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores são liberados na fenda sináptica e se ligam somente a receptores ionotrópicos na membrana pós sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores são liberados na fenda sináptica e se ligam a receptores ionotrópicos ou metabotrópicos, na membrana pós sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> O Ca^{2+} estocado nas vesículas, é liberado na fenda sináptica em resposta ao aumento de neurotransmissores.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

3. Sobre sinapse elétrica, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica elétrica ocorre pela passagem de junções comunicantes pela fenda sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica elétrica ocorre pela passagem direta de íons pelas junções comunicantes que interligam um neurônio ao outro.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica elétrica tem característica bidirecional.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica elétrica é realizada pela ação de neurotransmissores nas junções comunicantes.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica elétrica é muito rápida.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

QUESTÕES TRANSMISSÃO SINÁPTICA – PÓS-TESTE

1. Sobre sinapse química, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> O sinal para a liberação das vesículas contendo neurotransmissores é a abertura dos canais de Na^+ dV.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores liberados se ligam a canais de Ca^{2+} dV da membrana pós-sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> O potencial de ação chega ao membrana pré-sináptico e isso faz com canais de Ca^{2+} dV se abram.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores são liberados pelas vesículas na fenda sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> O neurotransmissor liberado se liga a receptores presentes na membrana pós-sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

2. Sobre sinapse química e elétrica, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> Na sinapse elétrica, os neurotransmissores liberados se ligam a receptores ionotrópicos ou metabotrópicos na membrana pós-sináptica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse química, íons passam livremente de um neurônio para o outro por meio de junções comunicantes.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse química, canais de Ca^{2+} dV são responsáveis por estimular a fusão de vesículas com a membrana do neurônio pré-sináptico.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse elétrica, não há a liberação de neurotransmissores.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Na sinapse química, a informação segue de forma unidirecional.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

3. Sobre transmissão sináptica, marque V para verdadeiro ou F para falso nas alternativas a seguir e indique a necessidade de chute na coluna da direita, se necessário for:

<input type="checkbox"/> A transmissão sináptica química é mais rápida que a elétrica.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> A condução de informações é bidirecional nas sinapses elétricas.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os receptores iônicos estão acoplados a uma Proteína G e promovem o transporte de íons.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.
<input type="checkbox"/> Os receptores metabotrópicos acoplados a Proteína G promovem a ativação de segundos mensageiros.	<input type="checkbox"/> Não sei responder esta alternativa, pois não tenho conhecimento suficiente sobre o que assunto e por isso optei pelo chute.

QUESTÕES TRANSMISSÃO SINÁPTICA – PROVA

1. Sobre sinapse química, marque V para verdadeiro e F para falso nas alternativas a seguir:

<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores liberados na fenda sináptica são sempre inibitórios.
<input type="checkbox"/> A abertura dos canais de Ca^{2+} dV estimula a fusão de vesículas que contém neurotransmissores na fenda sináptica.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores liberados na fenda sináptica são sempre excitatórios.
<input type="checkbox"/> Os neurotransmissores podem se ligar a receptores ionotrópicos ou metabotrópicos.
<input type="checkbox"/> A abertura dos canais de Na^{2+} dV estimula a fusão de vesículas que contém neurotransmissores na fenda sináptica.

2. Sobre as diferenças entre sinapse química e elétrica, marque V para verdadeiro e F para falso nas alternativas a seguir:

<input type="checkbox"/> A sinapse elétrica é mais rápida que a sinapse química.
<input type="checkbox"/> A direção da transmissão de informações é a mesma, sendo sempre unidirecional.
<input type="checkbox"/> A condução de informações é bidirecional nas sinapses elétricas.
<input type="checkbox"/> Na sinapse química, os neurônios estão conectados por junções comunicantes, que são o local de liberação de neurotransmissores.
<input type="checkbox"/> Na sinapse elétrica, os neurônios estão conectados entre si por uma fenda sináptica, local que permite livre fluxo de íons.

3. Sobre receptores, marque V para verdadeiro e F para falso nas alternativas a seguir:

<input type="checkbox"/> Ao se ligar em um receptor ionotrópico, o neurotransmissor faz com que haja abertura de canais iônicos.
<input type="checkbox"/> Ao se ligar em um receptor ionotrópico, o neurotransmissor faz com que haja abertura de canais metabotrópicos.
<input type="checkbox"/> O efeito final da ligação de um neurotransmissor a um receptor ionotrópico é o transporte de íons.
<input type="checkbox"/> O efeito final da ligação de um neurotransmissor a um receptor metabotrópico é ativar uma cascata de sinalização que, como consequência, aumenta a síntese de segundos mensageiros dentro da célula.

APÊNDICE B – TESTE DE PERCEPÇÃO DO GRUPO CONTROLE

AVALIAÇÃO DE AULA EXPOSITIVA NO ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA

Código: _____ Sexo: () F () M Idade: _____ Curso: _____ Semestralidade: _____ Ano de início da graduação atual: _____ Já cursou algum outro curso de graduação? () Sim () Não

1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

2. Como você classificaria a metodologia utilizada para abordar este assunto (aula teórica expositiva)?

() Sem opinião formada () Inadequada () Pouco adequada () Adequada () Muito adequada

3. Considerando o assunto abordado, indique sua opinião a respeito das metodologias abaixo:

a) Aula Expositiva (utilizada)

() Não conheço () Não gosto () Indiferente () Gosto () Gosto muito

b) Estudo dirigido

() Não conheço () Não gosto () Indiferente () Gosto () Gosto muito

c) Seminário

() Não conheço () Não gosto () Indiferente () Gosto () Gosto muito

d) Aula prática com uso de animais

() Não conheço () Não gosto () Indiferente () Gosto () Gosto muito

e) Aula prática com recursos tecnológicos (uso de computadores, jogos educacionais, modelos 3D...)

() Não conheço () Não gosto () Indiferente () Gosto () Gosto muito

4. Considerando o assunto abordado (transmissão sináptica), como você acha que as metodologias abaixo contribuem para sua aprendizagem:

a) Aula Expositiva (utilizada)

() Não conheço () Não funciona () Pouco () Intermediário () Muito

b) Estudo dirigido

() Não conheço () Não funciona () Pouco () Intermediário () Muito

c) Seminários

() Não conheço () Não funciona () Pouco () Intermediário () Muito

d) Aula prática com uso de animais

() Não conheço () Não funciona () Pouco () Intermediário () Muito

e) Aula prática com recursos tecnológicos (uso de computadores, jogos educacionais, modelos 3D...)

() Não conheço () Não funciona () Pouco () Intermediário () Muito

5. Com a metodologia aplicada, você acha que atingiu os objetivos de aprendizagem?

() Sem opinião formada () Não () Pouco () Sim () Com certeza

6. Você tem alguma sugestão adicional que acha que poderia melhorar/contribuir com nossas aulas de fisiologia?

APÊNDICE C – TESTE DE PERCEÇÃO DO GRUPO JOGO

AVALIAÇÃO DO USO DE JOGOS NO ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA

Código: _____ Gênero: () F () M Idade: _____ Curso: _____ Semestralidade: _____ Ano de início da graduação atual: _____ Já cursou algum outro curso de graduação? () Sim () Não

1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?
() Ótimo () Bom () Regular () Ruim
2. Você acredita que o uso do jogo Tabuleiro Sináptico colaborou com o seu desempenho na disciplina de Fisiologia I?
() Sim () Não
3. Você acredita que a utilização de jogos didáticos colaborou com o seu desempenho em outras disciplinas do curso?
() Sim () Não Qual(is)? _____
4. Nós utilizamos o jogo Tabuleiro Sináptico com o intuito de facilitar a compreensão desses conteúdos. Você acha que o uso do jogo:
 - A. Contribuiu para o entendimento e compreensão do conteúdo.
() Sim () Não
 - B. É uma ferramenta interessante para o uso do ensino de Fisiologia.
() Sim () Não
5. Na sua opinião, as questões aplicadas antes e depois do uso dos o jogo contribuíram para o incremento da sua aprendizagem?
() Sim () Não
6. Em sua opinião utilizar o jogo em sala de aula foi...(marque quantas opções quiser)
 - () Importante para o seu entendimento dos conceitos de Fisiologia, complementando as aulas teóricas.
 - () Essencial para o seu entendimento de Fisiologia, pois só com as aulas não conseguiu acompanhar o conteúdo.
 - () Divertido, pois proporcionou um momento informal de discussão coletiva do conteúdo nos grupos de trabalho.
 - () Desnecessário, as aulas teóricas dariam conta do entendimento do conteúdo, sem necessidade do uso do jogo.
7. Na sua opinião, usar jogos nas aulas de disciplinas como a Fisiologia Humana... (marque quantas alternativas quiser)
 - () É interessante
 - () Permite melhor compreensão dos conteúdos trabalhados na aula
 - () É divertido
 - () Instiga a curiosidade e vontade de entender mais sobre Fisiologia
 - () Chato
 - () Outra coisa: _____
8. Atribua uma nota de 0 a 10 para o uso do jogo Tabuleiro Sináptico: _____
9. Você recomendaria a outros professores utilizar jogos didáticos em suas aulas?
() Sim () Não
10. Você tem alguma sugestão adicional que acha que poderia melhorar/ contribuir com nossas aulas de fisiologia?

APÊNDICE D – TESTE DE PERCEPÇÃO DOS GRUPOS 3D

AVALIAÇÃO DO USO DE MODELOS 3D NO ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA

Código: _____ Gênero: () F () M Idade: _____ Curso: _____ Semestralidade: _____ Ano de início da graduação atual : _____ Já cursou algum outro curso de graduação? () Sim () Não

1. Como você avalia o seu desempenho nesta disciplina?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

2. Você assistiu os vídeos?

() Sim, assisti todos () Sim, em parte () Não

3. Você acredita que o uso de modelos 3D impressos aplicados ao conteúdo de Transmissão Sináptica colaborou com a compreensão do conteúdo na disciplina de Fisiologia I?

() Sim () Não

4. Você acredita que o uso de modelos 3D impressos aplicados ao conteúdo de Transmissão Sináptica colaborou com o seu desempenho em outras disciplinas do curso?

() Sim () Não Qual(is)? _____

5. Nós utilizamos os modelos 3D impressos aplicados ao conteúdo de Transmissão Sináptica com o intuito de facilitar a compreensão desses conteúdos. Você acha que o uso dos modelos:

A. Contribuiu para o entendimento e compreensão do conteúdo.

() Sim () Não

B. É uma ferramenta interessante para uso no ensino de Fisiologia.

() Sim () Não

6. Na sua opinião, as questões aplicadas antes e depois do uso dos modelos 3D contribuíram para o incremento da sua aprendizagem?

() Sim () Não

7. Em sua opinião utilizar modelos 3D em sala de aula foi...(marque quantas opções quiser)

() Importante para o seu entendimento dos conceitos de Fisiologia, complementando as aulas teóricas.

() Essencial para o seu entendimento de Fisiologia, pois só com as aulas não consegui acompanhar o conteúdo.

() Divertido, pois proporcionou um momento informal de discussão coletiva do conteúdo nos grupos de trabalho.

() Desnecessário, as aulas teóricas dariam conta do entendimento do conteúdo, sem necessidade do uso do jogo.

8. Na sua opinião, usar modelos 3D impressos nas aulas de disciplinas como a Fisiologia Humana... (marque quantas alternativas quiser)

() É interessante

() Permite melhor compreensão dos conteúdos trabalhados na aula

() É divertido

() Instiga a curiosidade e vontade de entender mais sobre Fisiologia

() Chato

() Outra coisa: _____

9. Atribua uma nota de 0 a 10 para o uso dos modelos 3D impressos aplicados ao conteúdo de Transmissão Sináptica:

10. Você recomendaria a outros professores utilizar modelos 3D impressos em suas aulas?

() Sim () Não

11. Você tem alguma sugestão adicional que acha que poderia melhorar/ contribuir com nossas aulas de fisiologia?

APÊNDICE E – PERGUNTAS DO APLICATIVO MÓVEL

CATEGORIA	QUESTÃO	RESPOSTA CORRETA	RESPOSTA INCORRETA 1	RESPOSTA INCORRETA 2
Nível 1 – Fácil	O que é uma junção comunicante?	Canal que permite a conexão entre duas células em uma sinapse elétrica.	Um tipo de receptor pós-sináptico presente em sinapses químicas.	Canal que permite a conexão entre duas células em uma sinapse química.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse tem uma resposta bidirecional?	Sinapse elétrica.	Sinapse química.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse tem uma resposta unidirecional?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse tem uma resposta mais rápida?	Sinapse elétrica.	Sinapse química.	Ambas têm a mesma velocidade de resposta.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse é(são) mais facilmente modulável(is) (controle mais fino)?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas são igualmente moduláveis.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse envolve(m) a liberação de neurotransmissores?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse envolve(m) a propagação de informações entre duas células?	Ambas.	Sinapse química.	Sinapse elétrica.
Nível 1 – Fácil	Uma vantagem deste(s) tipo(s) de sinapse(s) é sincronizar a atividade de um conjunto de células. Esta afirmação diz respeito a qual(is) tipo(s) de sinapses?	Sinapse elétrica.	Sinapse química.	Ambas.

Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse(s) tem a presença de junções comunicantes?	Sinapse elétrica.	Sinapse química.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse(s) tem a presença de uma fenda sináptica?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse(s) tem neurônios pré e pós sinápticos?	Ambas.	Sinapse química.	Sinapse elétrica.
Nível 1 – Fácil	Estão presentes no terminal axonal do neurônio pré-sináptico de uma sinapse química:	Mitocôndria e vesículas com neurotransmissores.	Vesículas com neurotransmissores e junções comunicantes.	Junções comunicantes e mitocôndrias.
Nível 1 – Fácil	Estão presentes no neurônio pós-sináptico de uma sinapse química:	Receptores químicos.	Junções comunicantes.	Junções comunicantes e receptores.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse pode(m) apresentar receptores ionotrópicos?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse pode(m) apresentar receptores metabotrópicos?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse inicia(m) (depende(m) da) com a chegada de um potencial de ação?	Ambas.	Sinapse química.	Sinapse elétrica.
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse tem um retardo sináptico quase nulo?	Sinapse elétrica.	Sinapse química.	Ambas.
Nível 1 – Fácil	Nas sinapses químicas o sinal elétrico é transformado em sinal químico. Este sinal	Neurotransmissor.	Receptor.	Canal de Ca ²⁺ .

	químico é enviado na forma de um...			
Nível 1 – Fácil	Nas sinapses químicas, a resposta ao sinal químico no neurônio pós-sináptico é mediada por quem?	Receptor.	Neurotransmissor.	Canal de Ca^{2+} .
Nível 1 – Fácil	Qual(is) tipo(s) de sinapse(s) envolve(m) um número maior de mitocôndrias?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	Ambas envolvem quantidade equivalente de mitocôndrias.
Nível 1 – Fácil	Com qual tipo das células abaixo um neurônio NÃO pode estabelecer uma sinapse?	Adipócito.	Neurônio.	Célula Muscular.
Nível 1 – Fácil	Com qual tipo das células abaixo um neurônio pode estabelecer uma sinapse?	Célula muscular lisa.	Hemácias.	Células da Derme.
Nível 1 – Fácil	Em qual dos exemplos abaixo não ocorre sinapses elétricas?	Junção neuro-muscular.	Coração.	Músculo liso.
Nível 1 – Fácil	Durante uma sinapse química, a chegada de um potencial de ação estimula a abertura de:	Canais de Ca^{2+} dV voltage dependentes.	Vesículas.	Canais de Na^{+} voltage dependentes.
Nível 1 – Fácil	Durante uma sinapse química, a abertura de Canais de Ca^{2+} voltage dependentes estimula:	A fusão de vesículas com a membrana do neurônio pré-sináptico.	O transporte de vesículas do neurônio pré para o pós sináptico.	A abertura de receptores no neurônio pós-sináptico.
Nível 1 – Fácil	Além de cálcio, a excitação dos neurotransmissores na fenda sináptica de uma sinapse química requer:	ATP	Sódio	Acetilcolina
Nível 1 – Fácil	Onde os neurotransmissores são liberados?	Na fenda sináptica.	Diretamente no neurônio pós-sináptico.	Na junção comunicante.

Nível 1 – Fácil	O que interliga um neurônio ao outro em uma sinapse elétrica?	Junções comunicantes.	Fenda Sináptica.	Receptor ionotrópico.
Nível 2 – Médio	Os neurotransmissores presentes em uma sinapse química são:	Podem ser dos dois tipos.	Excitatórios.	Inibitórios.
Nível 2 – Médio	Quais tipos de receptores podem estar presentes em uma sinapse química?	Ambos.	Ionotrópicos.	Metabotrópicos.
Nível 2 – Médio	A estimulação de um receptor ionotrópico sempre acarreta em:	Abertura de um canal iônico.	Abertura de um canal de Ca^{2+} .	Influxo de íons Na^+ .
Nível 2 – Médio	Qual o efeito final da estimulação de um receptor metabotrópico?	Promover a ativação de segundos mensageiros.	Promover a ativação de primeiros mensageiros.	Promover o transporte de vesículas.
Nível 2 – Médio	Qual tipo de receptor que é acoplado a uma proteína G?	Metabotrópico.	Ionotrópico.	Ambos.
Nível 2 – Médio	Como os neurotransmissores ficam armazenados no neurônio pré-sináptico?	Dentro de vesículas.	Livres no citoplasma.	Dentro do retículo plasmático.
Nível 2 – Médio	O receptor do neurônio pós-sináptico de uma sinapse química deve ser:	Específico para um neurotransmissor.	Acoplado a proteína G.	Unir as duas células estruturalmente.
Nível 2 – Médio	O papel fundamental do Ca^{2+} no processo de transmissão sináptica química é:	Estimular a fusão das vesículas contendo neurotransmissores com a membrana pré-sináptica.	Estimular a geração de um potencial de ação.	Fazer com que a célula reestabeleça o potencial de repouso.
Nível 2 – Médio	O Canal de Ca^{2+} presente no neurônio pré-sináptico é ativado por:	Voltagem.	Estímulo mecânico.	Ligante.
Nível 2 – Médio	Os neurotransmissores são liberados pelo processo de:	Excitose.	Endocitose.	Pinocitose.

Nível 2 – Médio	Os receptores pós-sinápticos das sinapses químicas NÃO são:	Ativados por íons.	Ativados por ligantes.	Ativados por mensageiros químicos.
Nível 2 – Médio	A partir de qual local do neurônio pré-sináptico ocorre a transmissão sináptica química?	Terminal axonal.	Corpo.	Dendritos.
Nível 2 – Médio	Uma sinapse química, em relação a elétrica tem:	Maior possibilidade de modulação da resposta final.	Maior velocidade de propagação.	Propagação do sinal em dois sentidos.
Nível 2 – Médio	Um neurônio pode:	Fazer múltiplas sinapses.	Fazer apenas uma sinapse com outro neurônio.	Fazer sinapse com células não excitáveis.
Nível 2 – Médio	Uma sinapse NÃO pode ocorrer em:	Grupo celular não-excitável.	Células de órgãos formados por músculo liso.	Células cardíacas.
Nível 2 – Médio	Uma célula cardíaca necessita de uma ativação sincrônica para que o coração contraia de modo uniforme. Sabendo disso, qual tipo de sinapse cumpre essa função?	Sinapse elétrica, pois esse tipo de resposta necessita de propagação rápida.	Sinapse química, pois esse tipo de resposta necessita de grande modulação.	Sinapse elétrica, pois esse tipo de resposta necessita de uma propagação unidirecional.
Nível 2 – Médio	Qual tipo de sinapse é mais frequente no SNC?	Sinapse química.	Sinapse elétrica.	As duas estão presentes na mesma frequência.
Nível 2 – Médio	A sinapse elétrica, em relação a química tem:	Maior velocidade de propagação.	Maior possibilidade de modulação da resposta final.	Propagação do sinal em um único sentido.
Nível 2 – Médio	NÃO é uma etapa da transmissão sináptica química:	Ligação dos neurotransmissores aos receptores do tipo junção comunicante.	Ligação dos neurotransmissores aos receptores no neurônio pós-sináptico.	Chegada do potencial de ação ao neurônio pré-sináptico.
Nível 2 – Médio	NÃO é uma etapa da transmissão sináptica química:	Fusão das vesículas contendo neurotransmissores com a membrana do neurônio pós-sináptico.	Abertura de canais de Ca^{2+} voltagem dependentes.	Fusão das vesículas contendo neurotransmissores com a membrana pré-sináptica.

Nível 2 – Médio	NÃO é uma etapa da transmissão sináptica elétrica:	Fusão de vesículas contendo neurotransmissores com a membrana pré-sináptica.	Chegada do potencial de ação chega ao neurônio pré-sináptico.	Passagem de íons pelas junções comunicantes.
Nível 2 – Médio	A propagação bidirecional favorece a movimentação:	De íons em dois sentidos.	De neurotransmissores em dois sentidos.	De vesículas em dois sentidos.
Nível 2 – Médio	Em uma sinapse química, qual a próxima etapa do processo após a chegada do potencial de ação do terminal axonal?	Abertura de Canais de Ca^{2+} voltagem dependentes.	Liberação de neurotransmissores na fenda sináptica.	Fusão de vesículas com a membrana pré-sináptica.
Nível 2 – Médio	Em uma sinapse química, qual a próxima etapa do processo após a abertura de Canais de Ca^{2+} ?	Fusão de vesículas com a membrana pré-sináptica.	Liberação de neurotransmissores na fenda sináptica.	Ligação do neurotransmissor ao receptor do neurônio pós-sináptico.
Nível 2 – Médio	Em uma sinapse química, qual a próxima etapa do processo após a liberação de neurotransmissores na fenda sináptica?	Ligação do neurotransmissor ao receptor do neurônio pós-sináptico.	Abertura dos Canais de Ca^{2+} voltagem dependentes.	Fusão de vesículas com a membrana pós-sináptica.
Nível 3 – Difícil	Um neurotransmissor NÃO pode se ligar a:	Uma junção comunicante.	Uma proteína formadora de canal.	Uma proteína transmembrana.
Nível 3 – Difícil	As sinapses elétricas estão presentes no músculo liso unitário e cardíaco. As propriedades desse tipo de sinapse são importantes para a...	Propagação rápida e ativação sincrônica das fibras musculares.	Grande modulação e resposta rápida.	Propagação unidirecional e ativação sincrônica das fibras musculares.
Nível 3 – Difícil	A transmissão sináptica elétrica rápida favorece:	Uma resposta sincrônica de um grupo de células.	Uma maior modulação do sinal.	Ambos.
Nível 3 – Difícil	Os principais neurotransmissores químicos são	Corpo Neuronal.	Dendritos.	Terminal Axonal.

	sintetizados em que parte do neurônio?			
Nível 3 – Difícil	Considerando as sinapses químicas, sabemos que os receptores ionotrópicos geram efeitos na membrana pós-sináptica mais rapidamente que os metabotrópicos. Então, qual a vantagem dos receptores metabotrópicos?	A amplificação da resposta final.	A excitação de um número maior de células.	A mobilização de mais neurotransmissores.
Nível 3 – Difícil	Após uma sinapse química, é um possível destino para o neurotransmissor:	Difusão para fora da fenda sináptica.	Evaporação.	Internalização pelo neurônio pós-sináptico.
Nível 3 – Difícil	Após uma sinapse química, é um possível destino para o neurotransmissor:	Inativação por enzimas presentes na fenda-sináptica.	Evaporação.	Internalização pelo neurônio pós-sináptico.
Nível 3 – Difícil	Após um a sinapse química ocorre geração de um potencial de ação no neurônio pós-sináptico?	Depende do conjunto de estímulos recebidos pelos neurônios.	Sim, sempre.	Não, nunca.
Nível 3 – Difícil	Potencial pós-sináptico é:	Um potencial elétrico graduado que pode ocorrer em resposta a uma sinapse química.	Um subtipo de potencial de ação.	Um potencial elétrico que pode ocorrer também em células não-excitáveis.
Nível 3 – Difícil	Potenciais pós-sinápticos podem ser somados. Esta somação pode ser:	Temporal e espacial.	Atemporal e especial.	Localizada e específica.
Nível 3 – Difícil	A acetilcolina produz despolarização na placa motora e hiperpolarização no coração. A noradrenalina produz uma resposta	Os diferentes receptores encontrados nos tecidos-alvo.	A quantidade de neurotransmissor liberada.	O tipo de sinapse.

	estimulatória no coração e inibitória no músculo liso vascular. O que determina estes diferentes efeitos do mesmo neurotransmissor?			
Nível 3 – Difícil	Uma substância agonista de um neurotransmissor corresponde a uma substância que:	Liga-se ao receptor pós-sináptico, mimetizando o efeito do neurotransmissor.	Liga-se ao receptor pós-sináptico, anulando o efeito do neurotransmissor.	Não deixa o neurotransmissor ser liberado pelo neurônio pré-sináptico.
Nível 3 – Difícil	Uma substância antagonista de um neurotransmissor corresponde a uma substância que:	Liga-se ao receptor pós-sináptico, impedindo o efeito do neurotransmissor.	Liga-se ao receptor pós-sináptico, mimetizando o efeito do neurotransmissor.	Não deixa o neurotransmissor ser liberado pelo neurônio pré-sináptico.
Nível 3 – Difícil	A sinapse entre um neurônio e o músculo esquelético, denominada junção neuromuscular, é considerada infalível. Um dos motivos é:	Ela utiliza sempre o mesmo neurotransmissor, a acetilcolina, que é liberada em grande quantidade a cada estímulo que chega no terminal pré-sináptico.	Trata-se de uma sinapse elétrica muito rápida.	Ela utiliza sempre o mesmo neurotransmissor, o sódio, que é liberado em quantidade suficiente para garantir a contração muscular, já que este íon é essencial para este fenômeno.
Nível 3 – Difícil	A geração ou não de um potencial de ação no neurônio pós-sináptico após uma sinapse química depende:	Do somatório dos potenciais pós-sinápticos gerados na membrana do neurônio levarem o potencial de membrana até o limiar.	Do somatório dos potenciais de ação gerados na membrana do neurônio atingirem o limiar.	Sempre vai ocorrer potencial de ação no neurônio pós-sináptico após uma sinapse.
Nível 3 – Difícil	Em um experimento sobre transmissão sináptica, uma sinapse química foi colocada em um meio equivalente ao líquido extracelular, mas que não possuía cálcio. Um potencial de ação	Que o evento entre a chegada do potencial de ação no terminal pré-sináptico e a geração de resposta no neurônio pós-sináptico é dependente de cálcio.	Que todos o potencial de ação é dependente de cálcio.	Que todos os meios líquidos devem possuir cálcio.

foi iniciado no neurônio pré-sináptico. Apesar de o potencial de ação ter alcançado o terminal axonal, a resposta na célula pós-sináptica não ocorreu. A que conclusão pesquisadores chegaram com base neste resultado?

Nível 3 – Difícil	Uma das classes de antidepressivos são os inibidores seletivos da receptação de serotonina. O que estes fármacos fazem com a atividade da serotonina na sinapse?	Aumentam o tempo em que a serotonina está ativa na fenda sináptica.	Diminuem o tempo em que a serotonina está ativa na fenda sináptica.	Nada.
Nível 3 – Difícil	Por que os terminais axonais algumas vezes são chamados de transdutores biológicos?	Porque eles convertem o sinal elétrico (potencial de ação) em sinal químico (neurotransmissor).	Porque eles convertem o sinal químico (neurotransmissor) em sinal elétrico (potencial de ação).	Porque eles geram energia.

APÊNDICE F – PROTOCOLO SINAPSE 3D

PROTOCOLO DE AULA PRÁTICA: SINAPSE 3D

Transmissão sináptica na sinapse elétrica

1. Materiais

Peças impressas em 3D para montagem da sinapse elétrica.

2. Preparo

- a. Escolha um ou dois colegas para trabalhar junto com você.
- b. Abra o pacote de materiais com cuidado. As peças impressas em 3D podem ser um pouco delicadas, manuseie com cuidado.
- c. Identifique os seguintes componentes:
 - Botões sinápticos
 - Membranas com junções comunicantes
 - Íons sódio
 - Setas de direção do fluxo de íons
 - Mitocôndrias
 - Encaixes para completar a membrana.
 - Sinais negativos e positivos para ilustrar o potencial de membrana.

3. Execução da atividade

- a. Conecte os botões sinápticos utilizando as membranas com junções comunicantes.
- b. Utilizando as peças disponíveis, monte as seguintes etapas da transmissão sináptica na sinapse elétrica, fotografando cada etapa para montar o relatório. Insira as fotos neste documento, abaixo de cada etapa.

1) Sinapse em repouso

- 2) Chegada do potencial de ação no terminal pré-sináptico
- 3) Aumento da concentração de sódio no terminal pré-sináptico
- 4) Passagem de sódio para o terminal pós-sináptico
- 5) Distribuição do potencial ao longo da célula pós-sináptica
- 6) Repita o processo no sentido inverso, ilustrando a bidirecionalidade da sinapse elétrica.

Transmissão sináptica na sinapse química

1. Materiais

Peças impressas em 3D para montagem da sinapse química.

2. Preparo

- a. Escolha um ou dois colegas para trabalhar junto com você.
- b. Abra o pacote de materiais com cuidado. As peças impressas em 3D podem ser um pouco delicadas, manuseie com cuidado.
- c. Identifique os seguintes componentes:
 - Botões sinápticos
 - Membrana pré-sináptica e pós-sináptica
 - Mitocôndrias
 - Proteínas de ancoragem
 - Canais de cálcio dependentes de voltagem abertos e fechados
 - Receptores ionotrópicos abertos e fechados
 - Receptores ionotrópicos regulados por segundos mensageiros abertos e fechados
 - Receptores metabotrópicos ativos e inativos
 - Receptor pré-sináptico com e sem neurotransmissor
 - Vesículas com neurotransmissores abertas e fechadas

- Encaixe para completar a membrana
- Recaptador de neurotransmissor
- Fluxo de sódio, cálcio, potássio e cloreto
- Neurotransmissores
- Sinais negativos e positivos para ilustrar o potencial de membrana.

3. Execução da atividade

a. Conecte os botões sinápticos utilizando as proteínas de ancoramento.

b. Utilizando as peças disponíveis, monte as seguintes etapas da transmissão sináptica na sinapse química, fotografando cada etapa para montar o relatório. Insira as fotos neste documento, abaixo de cada etapa.

- 1) Sinapse em repouso
- 2) Chegada do potencial de ação no terminal pré-sináptico
- 3) Abertura dos canais de cálcio dependentes de voltagem, com influxo de cálcio.
- 4) Fusão das vesículas de neurotransmissor com a membrana pré-sináptica.
- 5) Abertura do receptor ionotrópico e ativação do receptor metabotrópico.
- 6) Ativação do receptor pré-sináptico e recaptação de neurotransmissor.
- 7) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de sódio via receptor ionotrópico.
- 8) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de potássio via receptor ionotrópico.
- 9) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de cloreto via receptor ionotrópico.
- 10) Abertura do canal iônico regulado por segundo mensageiro.
- 11) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de sódio via canal iônico regulado por segundo mensageiro.

12) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de potássio via canal iônico regulado por segundo mensageiro.

13) Potencial pós-sináptico pelo fluxo de cloreto via canal iônico regulado por segundo mensageiro.

APÊNDICE G – LEGENDA DAS PEÇAS DO QUEBRA-CABEÇAS 3D DE SINAPSE



Botão pré-sináptico



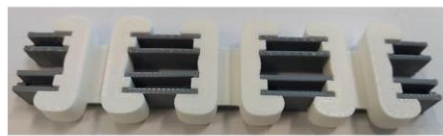
Botão pós-sináptico



Setas de direção do fluxo de íons



Mitocôndria



Membranas com junções comunicantes



Íons cloreto, potássio e sódio



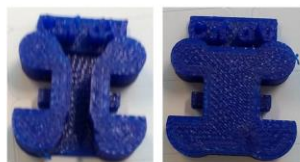
Siniais negativos e positivos para ilustrar o potencial de membrana.



Membrana pré-sináptica com Recaptador de Neurotransmissor



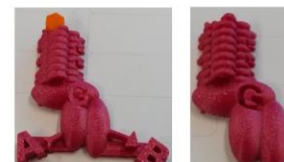
Receptores ionotrópicos abertos e fechados



Canais de cálcio dependentes de voltagem abertos e fechados



Receptores ionotrópicos regulados por segundos mensageiros abertos e fechados



Receptores metabotrópicos ativos e inativos



Proteínas de ancoragem



Receptor pré-sináptico com e sem neurotransmissor



Vesículas com neurotransmissores abertos e fechadas



Neurotransmissores