



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

**BÁRBARA FORTUNATO PROHMANN**

**PERCEÇÃO DISCENTE SOBRE O USO DE  
METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FISIOLOGIA  
RENAL**

STUDENTS PERCEPTION ON THE USE OF ACTIVE  
METHODOLOGIES IN RENAL PHYSIOLOGY TEACHING

PIRACICABA

2024

**BÁRBARA FORTUNATO PROHMANN**

**PERCEPÇÃO DISCENTE SOBRE O USO DE METODOLOGIAS  
ATIVAS NO ENSINO DE FISIOLOGIA RENAL**

**STUDENTS PERCEPTION ON THE USE OF ACTIVE METHODOLOGIES  
IN RENAL PHYSIOLOGY TEACHING**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Odontologia, na Área de Fisiologia Oral

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Michelle Franz Montan Braga Leite

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA BÁRBARA FORTUNATO PROHMANN, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MICHELLE FRANZ BRAGA LEITE

Piracicaba

2024

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Marilene Girello - CRB 8/6159

P943p Prohmann, Bárbara Fortunato, 1991-  
Percepção discente sobre o uso de metodologias ativas no ensino de fisiologia renal / Bárbara Fortunato Prohmann. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Michelle Franz Montan Braga Leite.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Metodologias ativas. 2. Jogos educativos. 3. Ensino superior. 4. Estudantes de odontologia. I. Franz-Montan, Michelle. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações Complementares

**Título em outro idioma:** Students perception on the use of active methodologies in renal physiology teaching

**Palavras-chave em inglês:**

Active methodology

Educational games

Education, higher

Students, dental

**Área de concentração:** Fisiologia Oral

**Titulação:** Mestra em Odontologia

**Banca examinadora:**

Michelle Franz Montan Braga Leite [Orientador]

Lucila Ludmilla Paula Gutierrez

Camila Batista da Silva de Araujo Candido

**Data de defesa:** 15-12-2023

**Programa de Pós-Graduação:** Odontologia

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0009-0008-2349-0395>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0536105040033923>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Odontologia de Piracicaba**

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 15 de dezembro de 2023, considerou a candidata BÁRBARA FORTUNATO PROHMANN aprovada.

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MICHELLE FRANZ MONTAN BRAGA LEITE

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. LUCILA LUDMILA PAULA GUTIERREZ

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CAMILA BATISTA DA SILVA DE ARAUJO CANDIDO

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu esposo Eduardo e ao meu filho Ricardo, que acompanharam meus estudos e dedicação nesse desafio que foi o meu mestrado. Juntos, eles são minha melhor torcida.

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, quem me proporcionou saúde e o dom da vida.

À **Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, na pessoa do Magnífico Reitor Prof. Dr. Antônio José de Almeida Meirelles, à **Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP)**, na pessoa de seu diretor Prof. Dr. Flávio Henrique Baggio Aguiar, à Comissão de **Pós-Graduação (CPG) da FOP-UNICAMP**, na pessoa do presidente Prof. Dr. Valentim Adelino Ricardo Barão, à Comissão do **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, na pessoa do coordenador Prof. Antônio Pedro Ricomini Filho.

Ao **Departamento de Biociências da FOP-UNICAMP**, na pessoa do seu Chefe Prof. Dr. Sergio Roberto Peres Line.

Aos professores da **Área de Fisiologia e Biofísica**, Profa. Dra. Fernanda Klein Marcondes e Prof. Dr. Yuri Martins Costa, pelos ensinamentos durante a minha formação.

À minha orientadora **Profa. Dra. Michelle Leite**, que me deu com sua orientação, uma oportunidade tão significativa, minha admiração por ela vai além do ambiente acadêmico.

À **Profa. Dra. Fernanda Klein Marcondes** por ter sido uma grande incentivadora para que este estudo se tornasse realidade e que tanto contribuiu para o desenho dos trabalhos.

Aos meus pais, **Rose e Edson** que foram meus primeiros incentivadores dizendo que eu poderia sonhar e realizar tudo que desejasse desde que, com honestidade e sabedoria.

Aos meus colegas de pós graduação, **Aylla Pestana, Arthur Bezerra, Mônica Portela, Carla Arita, Iago Cortês de Souza, Thomas Barbin**, obrigada pela convivência e pela ajuda nas monitorias PED e realização dos registros e filmagens.

Aos professores da banca da primeira e da segunda fase do exame de qualificação **Dra. Fernanda Klein Marcondes, Dra. Lais Tono Cardozo, Dra. Pamela Mello-Carpes e Dr. Angelo Cortelazzo**, que tanto contribuíram com suas correções e sugestões.

Aos alunos de graduação da T66 da FOP-UNICAMP, participantes das pesquisas que compõem esta dissertação, que aceitaram participar desta pesquisa. Meu muito obrigada!

## RESUMO

O ensino de fisiologia renal apresenta um grande desafio aos docentes pois é considerado de difícil compreensão pelos estudantes universitários. Assim, as aulas teóricas têm sido combinadas com outras estratégias de ensino para se promover melhor aprendizado, destacando-se o uso de metodologias ativas. Nessas abordagens, o aluno participa ativamente do processo de aprendizagem, buscando não apenas aprimorar o aprendizado, mas também obter melhor capacitação profissional. Isso ocorre à medida que desenvolvem o pensamento crítico e estimulam as tomadas de decisões. Neste contexto, na disciplina de Biociências II, ministrada no 2º semestre do curso de Graduação em Odontologia da FOP – UNICAMP, o conteúdo de Fisiologia Renal têm sido realizado desde 2015 utilizando aulas teóricas combinadas com metodologias ativas, como jogos educacionais do tipo “quebra-cabeças”, *quizzes* e uso de plataforma interativa. O objetivo desta dissertação foi avaliar a percepção dos estudantes quanto à contribuição dessas metodologias ativas para o aprendizado de fisiologia renal, dividida em dois artigos científicos, divididos por tópico do tema. Ambos estudos foram realizados com os estudantes do ano de 2022 matriculados na disciplina de Biociências II da FOP. Após a finalização da disciplina, os alunos responderam um questionário abordando a sua percepção quanto à contribuição das metodologias utilizadas para o ensino em uma escala “tipo Likert” (1 a 10). Além da escala, o questionário apresentava opções de justificativas para a nota atribuída. Em seguida, os alunos foram informados da pesquisa e convidados a participar do estudo por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (n=64). O Artigo 1 teve como objetivo descrever o jogo educacional do tipo quebra cabeças utilizado para complementar o ensino do tópico “função glomerular”, além de avaliar a percepção dos alunos. A nota média ( $\pm$ DP) atribuída ao uso do jogo educacional foi 9,45 ( $\pm$ 0,89). O Artigo 2 teve como objetivo descrever um conjunto de metodologias ativas realizadas para complementar o ensino do tópico “controle hidroeletrólítico e regulação hormonal”, bem como avaliar a percepção discente sobre a contribuição dessas estratégias para o seu aprendizado. As metodologias empregadas envolveram um jogo educacional do tipo “quebra-cabeças”, lições interativas na plataforma *Lt Kuracloud* e *quiz* no aplicativo *Socrative Student*. A nota média ( $\pm$ DP) das notas atribuídas foi de 9,59 ( $\pm$ 0,58); 9,49 ( $\pm$ 0,41) e 9,09 ( $\pm$ 1,39) para o jogo, atividade interativa na plataforma *Lt Kuracloud* e *quiz* no aplicativo *Socrative*, respectivamente. As diferentes metodologias ativas descritas para o ensino de diferentes conteúdos de fisiologia renal, sugerem ter contribuído para o aprendizado, na opinião dos alunos. Os alunos destacaram que as metodologias contribuíram positivamente, complementando à leitura do livro e/ou a explicação em aula teórica. Além

disso, tiveram a oportunidade de identificar lacunas no conhecimento e a experiência de aprendizado em grupo. Assim, o uso de jogos educacionais e outras ferramentas de ensino ativo, como complemento às aulas teóricas, possuiu uma influência positiva na aprendizagem de fisiologia renal, segundo a perspectiva dos estudantes de Odontologia da UNICAMP no ano de 2022.

**Palavras-chave:** Sistema Urinário; Taxa de Filtração Glomerular; Odontologia; Material Didático; Ensino Superior

## ABSTRACT

The teaching of renal physiology poses a significant challenge to educators as it is considered difficult for university students to comprehend. Therefore, theoretical classes have been combined with other teaching strategies to promote better learning, with a focus on the use of active methodologies. In these approaches, students actively participate in the learning process, aiming not only to enhance their knowledge but also to improve their professional skills. This occurs as they develop critical thinking and stimulate decision-making. In this context, in the Biociences II discipline, taught in the second semester of the Dentistry Undergraduate Program at FOP – UNICAMP, the content of Renal Physiology has been delivered since 2015 using theoretical lectures combined with active methodologies such as educational games like "puzzles," quizzes, and interactive platforms. The objective of this dissertation was to assess students' perception of the contribution of these active methodologies to renal physiology learning, divided into two scientific articles, each addressing a specific topic. Both studies were conducted with students enrolled in the Biosciences II discipline at FOP in the year 2022. After completing the course, students responded to a questionnaire addressing their perception of the contribution of the methodologies used for teaching on a Likert scale (1 to 10). In addition to the scale, the questionnaire provided options for justifying the assigned grade. Subsequently, students were informed about the research and invited to participate through the Informed and Free Consent Form (n=64). Article 1 aimed to describe the educational puzzle game used to complement the teaching of the "glomerular function" topic and evaluate students' perception. The average grade ( $\pm$ SD) assigned to the use of the educational game was 9.45 ( $\pm$ 0.89). Article 2 aimed to describe a set of active methodologies used to complement the teaching of the "hydroelectrolytic control and hormonal regulation" topic and evaluate students' perception of the contribution of these strategies to their learning. The employed methodologies included an educational puzzle game, interactive lessons on the *Lt Kuracloud* platform, and a *quiz* on the *Socrative Student* app. The average grades ( $\pm$ SD) assigned were 9.59 ( $\pm$ 0.58), 9.49 ( $\pm$ 0.41), and 9.09 ( $\pm$ 1.39) for the game, interactive activity on the *Lt Kuracloud* platform, and *quiz* on the *Socrative* app, respectively. According to students' opinions, the various active methodologies described for teaching different renal physiology contents contributed to better learning. Students emphasized that these methodologies positively contributed to reading the book and understanding theoretical lectures. Additionally, they had the opportunity to identify knowledge gaps and experience group learning. Thus, the use of educational games and other active teaching tools as supplements to theoretical classes

had a positive influence on renal physiology learning, as perceived by Dentistry students at UNICAMP in the year 2022.

**Keywords:** Urinary Tract; Glomerular Filtration Rate; Dentistry; Teaching Materials; Universities

## **Sumário**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. ARTIGOS</b>	<b>18</b>
<b>2.1. ARTIGO 1: “EDUCATIONAL GAME AS A COMPLEMENT TO LEARNING ABOUT GLOMERULAR FUNCTION PHYSIOLOGY.”</b>	<b>19</b>
<b>2.2. ARTIGO 2: COMBINAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DO EQUILÍBRIO HIDROELETROLÍTICO: JOGO EDUCACIONAL, LIÇÃO INTERATIVA E QUIZ</b>	<b>41</b>
<b>3. DISCUSSÃO</b>	<b>63</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIA</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO I. COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO II. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA FOP-UNICAMP</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO III. MENÇÃO HONROSA</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO IV. RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE ORIGINALIDADE E PREVENÇÃO DE PLÁGIO</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a docência no ensino universitário do mundo tem como grande desafio desenvolver ferramentas para vencer os maiores obstáculos dos estudantes, que são a falta de motivação e de engajamento (Lee e Hammer, 2011), além da insegurança quanto ao conhecimento sedimentado de conteúdos já ministrados (Reis et al., 2013). Tais obstáculos prejudicam o desempenho dos alunos e sua capacidade de resolução de problemas. Assim, modificar o processo de ensino-aprendizagem, por exemplo implementando o ensino ativo, favorece a formação de um profissional melhor capacitado (Berbel, 2011).

Um estudo recente abordou a percepção de alunos de universidades públicas e privadas do sul do Brasil em relação aos desafios no processo ensino-aprendizagem da disciplina de fisiologia. Os participantes identificaram fatores como a elevada densidade de conteúdo e informações, a limitação de tempo para estudo extraclasse, a exigência de conhecimento prévio e as dificuldades intrínsecas associadas à própria disciplina (Nasre-Nasser et al., 2022).

Docentes de fisiologia de diferentes níveis educacionais dos Estados Unidos da América, Austrália, Canadá, Itália, Índia, Holanda, Suíça, Tailândia, definiram em três categorias as seguintes possíveis causas que contribuem para a dificuldade de se aprender fisiologia: a natureza da disciplina; a forma como ela é ensinada aos estudantes e as características dos alunos. Dentre essas, na opinião do corpo docente, a natureza da disciplina se mostrou a mais relevante, pois exige a capacidade do aluno em raciocinar causa e efeito. Além disso, uma vez que os alunos acreditam que aprender é o mesmo que “decorar”, existe grande dificuldade de se pensar em vários sistemas do organismo de forma simultânea e integrada (Michael, 2007).

Além das dificuldades mencionadas, também destaca-se o desafio de se evidenciar a importância, relevância e aplicabilidade do conteúdo de fisiologia em sua vida profissional futura (Relvas, 2012), especialmente de conceitos específicos, como o de fisiologia renal (Jansen 1993). Na odontologia, por exemplo, tais conhecimentos são de extrema importância dada a crescente prevalência de doenças renais no mundo, especialmente entre pacientes idosos, os quais exigem cuidados bucais e terapêuticos específicos (Jha et al., 2013).

Nesse contexto, a busca e disseminação de estudos que envolvam uso de metodologias ativas no ensino universitário nos últimos anos vem aumentando consideravelmente sempre visando melhorar a formação dos estudantes (Cortelazzo et al., 2018).

O uso de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem substituindo ou complementando aulas teóricas, apresenta como principal estratégia estimular o aluno a ser protagonista do seu aprendizado, permitindo maior participação e interação entre os estudantes, sendo uma ferramenta eficaz na fixação do conteúdo ministrado (Pinto et al., 2012; Borges e Alencar, 2014; Lima et al., 2014).

Dentre as metodologias já utilizadas na educação superior no Brasil, destacam-se: o TBL (*team-based learning*), o qual envolve a formação de grupos, seguindo regras específicas com uma sequência de atividades e promovendo aprendizagem colaborativa (Bollella et al., 2014; Oliveira et al., 2018); o PBL (*problem-based learning*) ou aprendizagem baseada em problemas, desenvolvida nas universidades do Canadá e Holanda na década de 70, que utiliza problemas reais ou simulados, com intuito de estimular o estudante a solucionar casos a partir de pensamento crítico e habilidades (Pinto et al., 2012); a aprendizagem por pares, também conhecida por *peer instruction*, a qual incentiva o debate e reflexão em conjunto, por exemplo onde um colega ensina o outro (Mazur, 2015), a sala de aula invertida, onde o aluno estuda em casa e realiza as atividades em sala de aula (Munir et al., 2018); e o uso de testes ou *quizzes*, que consistem em perguntas relacionadas a um determinado tema, que podem ser realizado antes da aula, com o objetivo de recrutar o conhecimento previamente aprendido, preparando o aluno para assimilação dos novos conteúdos, ou após aula, com a finalidade de verificar a retenção de conhecimento na memória de curto prazo.

Os jogos educacionais, também muito utilizados, merecem grande destaque pois desenvolvem habilidades como criatividade, habilidade para solução de problemas, trabalho em equipe envolvendo aplicação de conceitos que requerem estudo prévio e desenvolvimento da capacidade de argumentação entre os pares (Marcondes et al., 2015 e 2019). Dependendo do momento em que o jogo educacional é realizado, ele tem um resultado diferente sobre o aprendizado. Quando empregado antes de um tópico, pode promover aumento de interesse e engajamento dos alunos. Quando realizado durante ou após uma aula, atua como ferramenta de aprendizado ou de revisão de conceitos, respectivamente (Schneider et al., 2012). Destaca-se que o uso de jogos educacionais como estratégia complementar de ensino às aulas teóricas já demonstrou ser capaz de aumentar a retenção de informações e melhorar a habilidade de resolução de problemas (Michael e Chen 2006).

Pesquisas prévias evidenciaram que os jogos educacionais do tipo “quebra-cabeças”, quando realizados em combinação com aulas teóricas, representam uma ferramenta eficaz para promover melhor compreensão e clareza no aprendizado de diferentes tópicos abordados na disciplina de Fisiologia como ciclo cardíaco (Marcondes et al., 2015; Cardozo et

al., 2016), potencial de ação (Luchi et al., 2017), contração muscular (Luchi et al., 2019) e a integração entre os tópicos sinapse, contração muscular e sistema nervoso autônomo (Cardozo et al., 2020). Além disso, a utilização específica do quebra-cabeças desenvolvido para ensino do ciclo cardíaco, em combinação com aula teórica, resultou em melhor desempenho dos alunos nas avaliações, ao mesmo tempo que contribuiu para redução do nível de estresse e ansiedade dos estudantes durante os momentos de avaliação (Cardozo et al., 2023).

Um estudo realizado com este mesmo jogo abordando o ciclo cardíaco, envolvendo universidades brasileiras nos cursos de Biologia, Odontologia, Medicina, Farmácia e Enfermagem (n=327) demonstrou que 64,5% dos estudantes julgaram que “a ferramenta foi útil para ter um melhor entendimento do assunto”. Além disso, 30,9% dos participantes indicaram que o uso do jogo foi necessário para a compreensão dos tópicos estudados (Marcondes et al., 2014).

Em relação ao ensino de fisiologia renal, foi demonstrado que o uso do modelo simplificado construído por alunos de primeiro ano de medicina da Índia para ilustrar os fatores que alteram a taxa de filtração glomerular foi recomendado por 66% dos estudantes para utilização para as próximas turmas. Adicionalmente, foi considerado uma ferramenta de fácil entendimento e de contribuição fundamental para aplicação prática dos conceitos previamente ensinados por 77% dos alunos (Bhaskar et al., 2017).

A literatura tem evidenciado diversas estratégias de aprendizagem que integram atividades online, que costumam ser uma preferência da geração composta por estudantes nascidos entre 1995 e 2010 (Satrio et al., 2020). A utilização de *quizzes* em aplicativos gratuitos, como o *Socratic Student* é destacada como uma abordagem envolvente devido à sua natureza interativa e ao *feedback* instantâneo de desempenho. Os alunos relatam participar ativamente, descrevem a experiência como divertida, demonstram engajamento e reconhecem que essa prática contribui para o processo de aprendizado (Kaya e Balta 2016; Barsaoui e Riahi 2021).

Durante a transição para o ensino remoto, no contexto da pandemia de Covid-19, notou-se a incorporação de diversos recursos tecnológicos para intensificar o envolvimento dos estudantes. Um exemplo foi utilização da plataforma *Lt Kuracloud*, desenvolvida pela *ADInstruments*, para o ensino de Fisiologia Humana. Essa plataforma, por suas características, mostrou-se uma ferramenta eficaz na abordagem de conteúdos previamente ministrados, proporcionando um aumento no engajamento dos estudantes e contribuindo para uma aprendizagem cooperativa durante o ensino remoto (Lima et al., 2020; Halpin 2022).

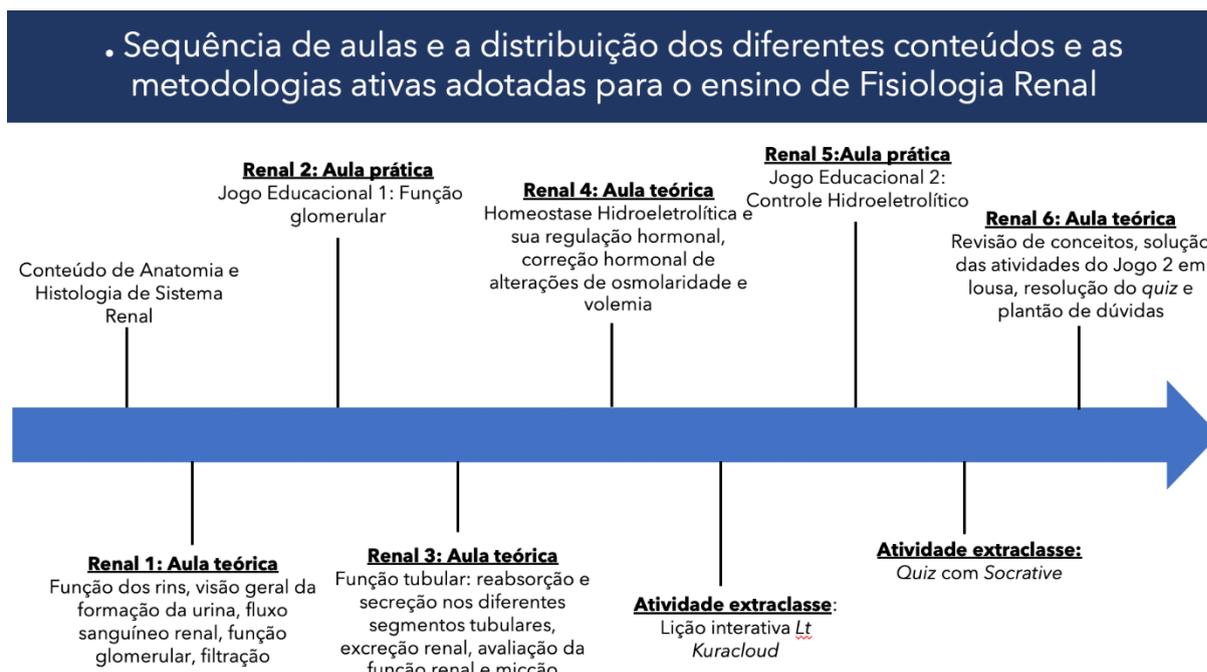
Em diferentes cursos da área da saúde, como a Odontologia, são abordados conceitos de disciplinas básicas, os quais exigem que os estudantes, além de fixar o conteúdo,

deverão integrá-lo a novas informações e para isso, estratégias de ensino que contribuem a uma maior fixação de conteúdo podem ser úteis em contribuir para o processo (Sosa et al., 2018). A aprendizagem propriamente dita, envolve necessariamente a formação da memória, que exige as etapas chamadas de aquisição, consolidação e recordação. A primeira etapa, representa o momento da aprendizagem, a segunda, significa a formação de uma memória de longo prazo e a última, representa a lembrança, ou seja, cada vez que uma memória é evocada, as sinapses onde a informação foi armazenada são reativadas, tornando-se lábeis (Izquierdo et al., 1998). Diante desta premissa, o uso de diferentes metodologias de ensino parece ser crucial para promover maior aprendizado.

Na Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas (FOP-UNICAMP), o conteúdo de Fisiologia Renal é abordado no segundo semestre do curso de graduação, na disciplina de Biociências II, a qual é uma disciplina integrada, que envolve outras áreas básicas como Anatomia, Histologia, Bioquímica, Farmacologia e Fisiologia. Até o ano de 2014, esse conteúdo era ministrado em três aulas teóricas. No entanto, na avaliação discente ao término da disciplina, os estudantes expressaram dificuldades de compreensão, considerando o conteúdo confuso.

Para aprimorar o ensino, a partir de 2015, foram introduzidas mudanças significativas. Além das aulas teóricas, foram incorporadas diferentes metodologias ativas, como *quizzes* no aplicativo *Socrative Student*, realizados durante as aulas ou em horários extraclasse, e o desenvolvimento de dois jogos educacionais realizados em atividades práticas. Com isso, o conteúdo passou a ser ministrado em 6 aulas, sendo 4 aulas teóricas e 2 atividades práticas.

Ao longo dos anos, as metodologias foram aprimoradas, incluindo reformulação das questões no aplicativo e dos jogos educacionais. Em 2020, com a necessidade de adaptação das aulas para o ensino remoto e com a oferta gratuita da plataforma *Lt Kuracloud* pela *ADInstruments*, foram adicionadas lições interativas online nessa plataforma. A Figura 1 ilustra a sequência de aulas e os respectivos conteúdos abordados, bem como as metodologias ativas empregadas no ensino de Fisiologia Renal no ano de 2022 na disciplina de Biociências II.



**Figura 1.** Sequência de aulas e metodologias ativas adotadas para o ensino de Fisiologia Renal na disciplina de Biociências II no ano de 2022.

Considerando a dificuldade dos estudantes de graduação em Odontologia da UNICAMP com o tema de Fisiologia Renal e as variadas estratégias de ensino implementadas desde 2015, o objetivo desta dissertação é descrever essas ferramentas desenvolvidas e aprimoradas ao longo dos anos, abrangendo jogos educacionais e outras estratégias, como *quizzes* no aplicativo *Socrative Student* e lições interativas na plataforma *Lt Kuracloud*. Adicionalmente, buscou-se avaliar a percepção dos estudantes sobre a contribuição de cada metodologia para seu aprendizado em 2022.

Esta dissertação será apresentada em formato alternativo, de acordo com Art. 2º da Instrução Normativa CCPG Nº 002/2021 e será composta de 2 Artigos, divididos em dois tópicos do tema: função glomerular e controle do equilíbrio hidroeletrólítico.

## 2. ARTIGOS

### **2.1. Jogo educacional como complemento da aprendizagem da fisiologia da função glomerular**

Submetido no periódico *Advances in Physiology Education* (Anexo I)

Autores: Bárbara Fortunato Prohmann, Fernanda Klein Marcondes, Michelle Franz-Montan

### **2.2. Combinação de metodologias ativas no ensino do controle hidroeletrolítico: quebra-cabeças, lição interativa e quiz**

Artigo a ser submetido no periódico *Advances in Physiology Education*

Autores: Bárbara Fortunato Prohmann, Fernanda Klein Marcondes, Michelle Franz-Montan

## 2.1. Artigo 1: “Educational game as a complement to learning about glomerular function physiology.”

### RESEARCH ARTICLE

RUNNING HEAD: EDUCATIONAL GAME ON GLOMERULAR FUNCTION PHYSIOLOGY

## Educational game as a complement to learning about glomerular function physiology.

Bárbara Fortunato Prohmann,<sup>1</sup> Fernanda Klein Marcondes,<sup>1</sup> Michelle Franz-Montan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosciences, Piracicaba Dental School, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Correspondence: *Michelle Franz-Montan* ([mfranz@unicamp.br](mailto:mfranz@unicamp.br))

Manuscript submitted to: *Advances in Physiology Education* (Anexo I)

---

### ABSTRACT

Teaching renal physiology is inherently challenging due to the extensive and complex nature of its content. The use of active learning methods has been recognized as a means to facilitate and enrich the learning experience, resulting in heightened engagement among students. This study describes an educational game developed for teaching the physiology of glomerular filtration and evaluates the perception of second-semester students in a Dentistry undergraduate course regarding its contribution to learning. Following a lecture class, students were divided into groups and given the educational game in the form of a puzzle consisting of four stages. After completing the course, students responded to a questionnaire and evaluated, on a Likert scale (1 to 10), the usefulness (1) or necessity (10) of the methodology for their learning (n=67), with options for justifications for the assigned score. Responses from students who signed the Informed Consent Form were considered (n=64). The average score ( $\pm$ SD) attributed to the use of the educational game was 9.45 ( $\pm$ 0.89). The justifications provided by students highlighted the opportunity to identify knowledge gaps (72%) and to learn in groups (66%) during the activity. Therefore, it is concluded that the use of the game as a complement to theoretical classes appears to have a positive impact on the learning process of Dentistry students regarding the physiology of glomerular filtration, from the students' perspective. These results indicate

that the game serves as a valuable tool for improving understanding of the topic, opening possibilities for its adaptation in other health-related courses.

---

## NEW & NOTEWORTHY

This study introduces an educational puzzle game composed of four stages, developed for teaching the physiology of glomerular filtration. According to the perception of undergraduate Dentistry students, the educational game has been shown to be beneficial for learning.

**Key-words:** Active learning method; Dentistry; Educational game; Higher education; Puzzle game; Renal physiology.

---

## INTRODUCTION

Teaching physiology in university courses in Brazil presents several challenges, such as the vast amount of information, limited time for study outside of class hours, the requirement for prior knowledge, and the intrinsic complexity of the discipline itself, as reported by students from both public and private universities in the southern region of the country (1), especially when the topic is related to renal physiology (2).

Among the topics covered in renal physiology, the concept of Glomerular Filtration Rate (GFR) and its control mechanisms, both local and systemic, respond to common changes in blood pressure or more critical situations involving alterations in blood volume. These processes are complex, mediated by changes in the diameter of the afferent arteriole (AA) and efferent arteriole (AE), which play a crucial role in modulating glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ ) and renal blood flow (RBF). Consequently, teaching these concepts poses significant challenges in university education, as reported since the 1990s (2-4).

The importance of knowledge in renal physiology for dentists is emphasized, given the increasing prevalence of renal diseases worldwide, especially among elderly patients (5). In light of this increase, the improvement in life expectancy and survival of patients undergoing dialysis treatment in Brazil, for example, increases the likelihood of these patients seeking dental care (6). This underscores the necessity for dental professionals to be well-informed and adequately trained to handle the specificities of this patient group.

It is known that dental care involving these patients requires specific attention, both due to oral and dental manifestations (7) and the bone and blood alterations resulting from this group of patients, which can even negatively impact the outcome of dental procedures,

especially in patients at advanced stages of the disease (8). Additionally, it is crucial to pay attention to medication prescription, considering the nephrotoxic potential of many drugs commonly prescribed by dentists, such as nonsteroidal anti-inflammatory drugs and some antibiotics, which can trigger or worsen renal insufficiency (9).

Learning through the use of educational games is one of the active learning methodologies that promote student engagement and contribute to their learning (10). This strategy allows students to solve problems by discussing possible solutions with their peers in a playful and enjoyable manner (11). The effectiveness of the educational game depends on its timing: whether it is employed before, during, or after the theoretical explanation of a specific topic. In each scenario, it has the potential to enhance student interest and engagement, serving either as a learning tool or a concept review aid, respectively (12). Additionally, the use of educational games as a complementary teaching strategy has proven to increase students' interest in the lesson content, promote greater retention of information, and enhance problem-solving skills (13, 14).

Students from Brazilian universities in health and biology courses reported (64.5%) that an educational puzzle game was effective in gaining a better understanding of the physiology topics studied (15). However, practical activities addressing renal physiology are not as common (3), making it challenging for students to learn complex topics that cannot be adequately addressed through theoretical lectures alone, such as glomerular filtration.

In a single report addressing the use of an educational game in teaching glomerular filtration, Maiche and colleagues employed a game consisting of a board and cards to illustrate discussed mechanisms in a prior lecture class. In their experiential report, the authors concluded that the practical activity contributed to the construction of medical students' knowledge, while also fostering the development of skills such as clinical reasoning (14).

Some studies have shown that puzzle-type games, when used in combination with theoretical lectures, constitute an effective tool in promoting better understanding and clarity in learning various topics covered in the Physiology discipline, such as the cardiac cycle (15, 16), action potential (17, 18), muscle contraction (19) and the integration between topics like synapse, muscle contraction, and the autonomic nervous system (20). Given these results, the objective of this study was to describe such an educational game, consisting of four stages, used as a complement for teaching glomerular filtration in the Dentistry course at Unicamp in 2022. Additionally, we sought to assess students' perception of its contribution to learning the topic.

## MATERIAL AND METHODS

### *Study design and ethical considerations*

This study was approved by the Research Ethics Committee of FOP-UNICAMP (CAAE: **42980515.0.0000.5418**) and was conducted with second-semester undergraduate Dentistry students at the Piracicaba Dental School of the State University of Campinas (FOP UNICAMP) in the year 2022. The content of Physiology is part of an integrated discipline called “Biosciences II”, which encompasses other basic areas such as Histology, Anatomy, Biochemistry, and Pharmacology. In the “Biosciences II” discipline, among other systems, the Renal System is addressed.

Initially, in an approximately 2-hour lecture class held for a class of 79 students, introductory concepts of Renal Physiology were covered. These concepts included the functions of the kidneys, physiological processes for urine formation, renal blood flow, and the underlying mechanisms of glomerular filtration, as well as the processes involved in its control.

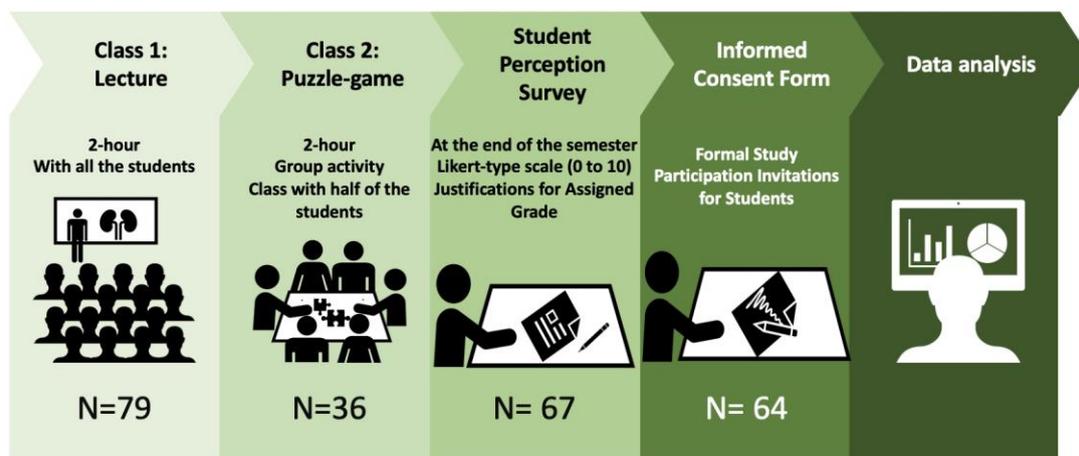
At the end of this lecture, students were asked to study the content covered in the physiology textbook to prepare for the next class, which would be a practical activity with half of the class at a time, lasting for 2 hours each. For this activity, students were instructed to form groups of 5 to 6 members, aiming for active and collaborative participation among students, following the "three-hundred method" that seeks to blend different academic performances among students within the same group (21). These groups were divided at the beginning of the semester based on the grades obtained in the “Biosciences I” discipline, taught in the first semester of the course.

At the beginning of the class, the students received a script containing the objectives of the educational game and specific instructions for each of the four stages of the lesson. Students were instructed to complete each stage of the game sequentially and only had access to the next stage after correctly completing the previous one. Correction was carried out by the professor or graduate students who acted as monitors in the discipline. Correction took place after completing the stage, by group consensus. If any item was incorrect, the group was instructed to discuss, identify the error, and redo that phase of the game.

At the end of the semester, students were invited to specifically evaluate the renal physiology classes. On this occasion, students received a printed paper questionnaire for evaluation with all the activities performed, divided by topic, and were asked to indicate on a Likert scale (1 to 10) a grade for each strategy, indicating how useful it had been for learning, where 1 represented that the methodology had not been useful and 10 that the methodology had

been essential for learning. In addition to the scale, the questionnaire contained options to justify the grade assigned. A total of 67 students participated in this evaluation.

After completing the questionnaire, the purpose of the study was explained, and students were formally invited to participate in the research. Students received an Informed Consent Form containing detailed information about the research. After the explanation, students who agreed to participate in the research (n=64) handed in the completed and signed questionnaire and Informed Consent Form. We emphasize that all activities, both the theoretical lecture and the educational game activity, are part of the Biosciences II discipline, offered in the second semester of Dentistry, regardless of this research. **Figure 1** presents the flowchart of the present study.



**Figure 1:** Diagram depicting the key stages of the study, including the instructional sessions on glomerular filtration physiology, the student perception questionnaire regarding the methodology employed and learning outcomes, the approach for research participation, and the subsequent data analysis process.

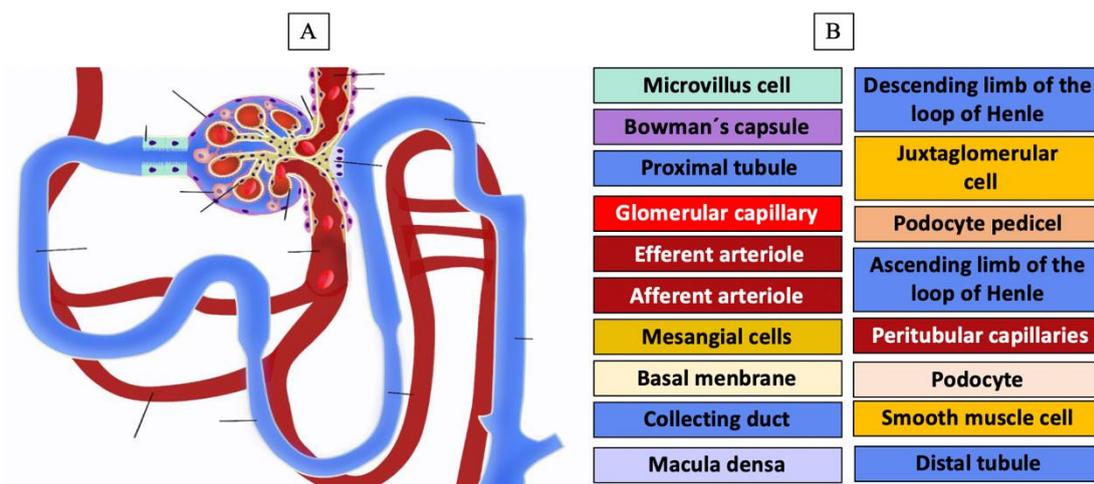
### *Game Description*

The pedagogical objective of conducting this game is to relate the anatomical and histological structures of the nephron to the physiological processes involved in urine formation, as well as to understand how blood pressure (BP) influences the glomerular filtration rate (GFR); the effect of changes in the diameter of the afferent (AA) and efferent (EA) arterioles on renal blood flow (RBF), glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ ) and GFR; and finally, how autoregulation of GFR occurs. To achieve this, the puzzle-type game was developed in four stages, addressing the following topics: 1) nephron histology; 2) physiological processes for urine formation; 3) effect of the diameter of the AA and EA on RBF,  $P_H$ , and GFR; and 4) control mechanisms necessary to reverse changes in GFR in different

daily or dental scenarios that may involve a decrease or increase in systemic blood pressure (BP) with or without changes in blood volume.

### Stage 1

This stage aims to review the histological structures that play an essential role in teaching glomerular filtration physiology. Due to the integrated approach in the Biomedical Sciences II discipline, this stage is conducted in the presence of a Histology area professor. It involves the depiction of a 2D nephron image (**Figure 2A**) with indications for the placement of pieces (**Figure 2B**) containing the names of the structures. The nephron figure (created by the Histology area professor using Synfig Studio software) was color-printed on 120 g/m<sup>2</sup> paper and in A3 size, laminated with transparent plastic. The pieces containing the names of the structures were cut into medium-sized pieces measuring 7 x 1.5 cm. The fully filled board can be viewed in **Figure S1**.



**Figure 2.A)** Board for Stage 1 containing a 2D nephron image with indications to identify histological structures. **B)** Pieces used to identify the histological structures indicated in the nephron.

### Stage 2

The second stage of the game contains a table (**Figure 3A**) with four rows and two columns for completion. The first column should be filled with four pieces indicating the name of the physiological process that occurs for urine formation. And in the second column, pieces indicating the path that a substance travels along the nephron should be placed (**Figure 3B**). The table was printed in black and white, with dimensions of 32 cm width and 18 cm height, on 120 g/m<sup>2</sup> paper laminated with transparent plastic. Each piece has a medium size of 11 x 3 cm. The fully filled table can be viewed in **Figure S2**.

A		B	
Physiological process	Pathway of the substance	REABSORPTION	FILTRATION
		from the lumen to the blood	from the blood to the lumen
		SECRETION	EXCRETION
		from the blood to the lumen	from the lumen to external

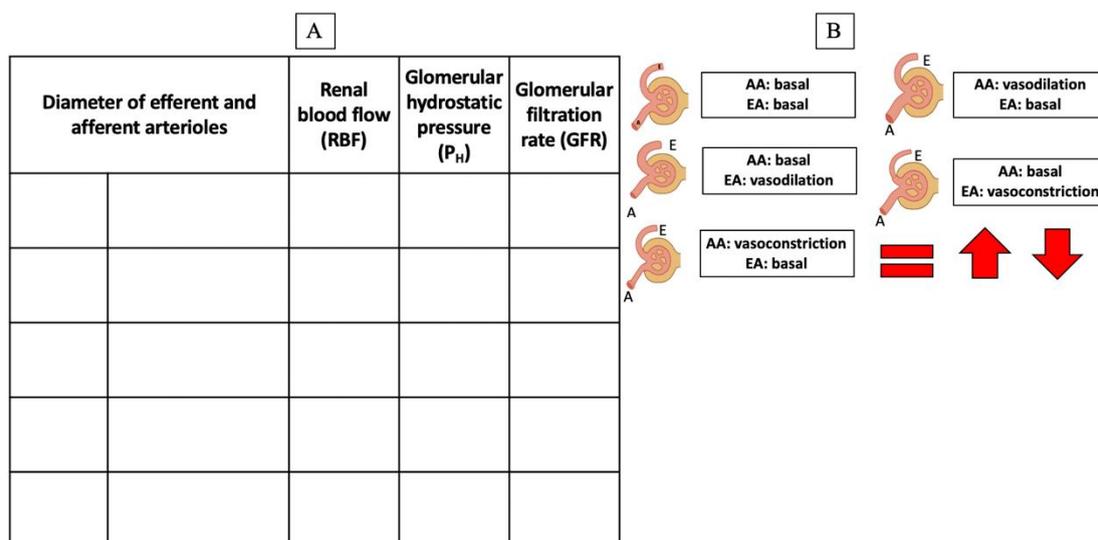
**Figure 3.** **A)** Board used to carry out stage 2, comprising a 2-column table, and five rows including the header, indicating what should be placed in each column. In the first column, four pieces indicating the name of the physiological process that occurs for urine formation should be filled. In the second column, pieces indicating the path that a substance takes along the nephron should be placed. **B)** Pieces used to fill the board. The pieces containing capitalized words denote physiological processes, while the remaining pieces represent the pathway traversed by the substance.

### Stage 3

The third stage of the game consists of a 4-column table (**Figure 4A**) printed in black and white, in A3 size, on 120 g/m<sup>2</sup> paper laminated with transparent plastic. The table contains four main columns and six rows including the header, indicating what should be placed in each column, as described below.

Column 1 should be filled with pieces illustrating the different diameters of the afferent and efferent arterioles, which may appear in the "normal," "vasodilation," or "vasoconstriction" states. This column has a subdivision where, in the first sub column, there is a figure of a renal glomerulus containing two arterioles identified as "A" for afferent and "E" for efferent, illustrating the mentioned states in the arterioles, and a second sub column where these states are described in words. Columns 2, 3, and 4 should be filled with arrows pointing upwards or downwards or an equal sign (=). Each of these columns should indicate the impact of the arteriolar diameter placed in column 1 on the renal blood flow (RBF) shown in column 2, on the glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ ) and the glomerular filtration rate (GFR), shown in columns 3 and 4, respectively. The effect should be indicated as increased (arrow pointing upwards), decreased (arrow pointing downwards), or unchanged (using the equal sign).

The pieces illustrating the renal glomerulus, arrows, and equal sign have an average size of 3.5 x 3.5 cm, totaling 5, 12, and 3 pieces, respectively. The pieces containing the states of the arterioles described in words have an average size of 2.5 x 7.5 cm (5 pieces) (**Figure 4B**). The fully completed table can be viewed in **Figure S3**.



**Figure 4.** **A)** Board utilized for stage 3, comprising a 4-column table and six rows including the header, indicating what should be placed in each column. Column 1 should be filled with pieces illustrating the different diameters of the afferent and efferent arterioles, which may appear in the "normal," "vasodilation," or "vasoconstriction" states. This column has a subdivision where, in the first sub column, there is a figure of a renal glomerulus containing two arterioles identified as "A" for afferent and "E" for efferent, illustrating the mentioned states in the arterioles, and a second sub column where these states are described in words. Columns 2, 3, and 4 should be filled with arrows pointing upwards or downwards or an equal sign (=). Each of these columns should indicate the impact of the arteriolar diameter placed in column 1 on the renal blood flow (RBF) shown in column 2, on the glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ ) and the glomerular filtration rate (GFR), shown in columns 3 and 4, respectively. The effect should be indicated as increased (arrow pointing upwards), decreased (arrow pointing downwards), or unchanged (using the equal sign). **B)** Pieces used to fill the board illustrating the renal glomerulus, containing two arterioles identified as "A" for afferent and "E" for efferent, illustrating the mentioned states in the arterioles, namely "normal," "vasodilation," or "vasoconstriction" states; description of the states of each arteriole in words; one example of each arrow and equal sign.

#### Stage 4

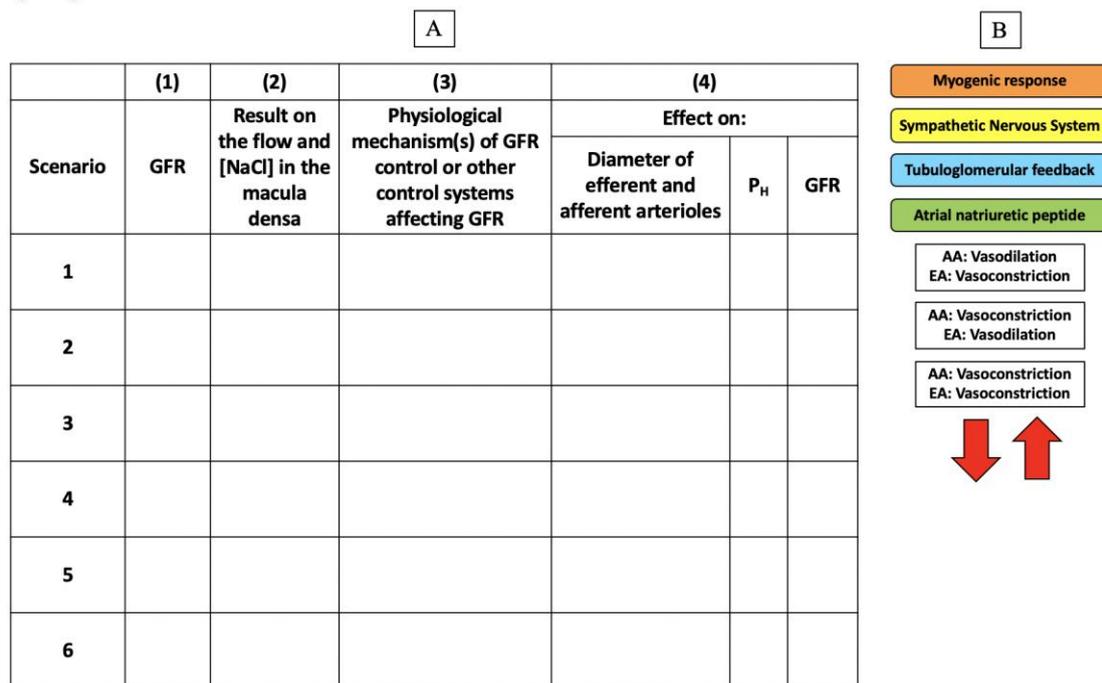
The fourth stage of the game consists of a table with four columns and eight rows, including two in the heading, and rows numbered from 1 to 6 for scenarios, as described below (**Figure 5A**). The table is printed in black and white on A3 size paper, with a thickness of 120 g/m<sup>2</sup> laminated with transparent plastic.

Six everyday or dental scenarios are described in the students' script, as outlined in **Table 1**. These scenarios impact changes in Glomerular Filtration Rate (GFR) and the concentration of [NaCl] reaching the *macula densa*. Column 1 should indicate these changes, while column 2 should show the corresponding alterations in the concentration of [NaCl], using upward-pointing arrows for increase and downward-pointing arrows for decreases. In column 3, the necessary physiological mechanism to correct these alterations should be indicated (*Tubuloglomerular feedback* - 4 pieces; *Myogenic response* - 3 pieces, and *Sympathetic Nervous System* - 2 pieces), with an average size of 9 x 1.5 cm. Column 4 is divided into 3 sub-columns: 1<sup>st</sup>) illustrating the effects of these mechanisms on the diameter of the afferent (AA) and efferent arterioles (AE), which could be in the state of vasodilation or vasoconstriction (total of 6 pieces with an average size of 2.5 x 7.5 cm); 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) illustrating the effect on glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ ) and Glomerular Filtration Rate (GFR), respectively. This column should be filled again with arrows positioned upwards for an increase or downwards for a decrease. To complete the activity, a total of 12 arrows were used, with an average size of 2.5 x 3 cm. One example of each piece is illustrated in **Figure 5B**. The properly filled table can be viewed in Figure S4.

**Table 1.** Six different everyday or dental scenarios, outlined in the student's script, each potentially involving a decrease or increase in systemic blood pressure (BP), with or without changes in blood volume. These alterations in BP impact the glomerular filtration rate and require local or systemic actions for control.

Scenarios	Description
1	On a hot day in Piracicaba, a student sitting in the cafeteria reports feeling unwell. Her classmate, who has learned how to measure blood pressure in Biosciences classes, measures her blood pressure, which reads 100/60 mmHg (normally around 120/80 mmHg)
2	A student rushes from the mall to avoid being late for the Biosciences II class. Upon arriving at the laboratory, his classmate measures his blood pressure, which reads 160/80 mmHg (normally around 120/80 mmHg).
3	Patient with hypertensive crisis during dental care (blood pressure measured at 160/100 mmHg).
4	After drinking a lot of beer, the colleague went to eat a snack. Upon arriving home, he began to show signs of food poisoning with intense diarrhea and vomiting. The next day, upon arrival at the emergency room, the blood pressure measured was 90/50 mmHg.
5	After having 10 teeth extracted in a single dental appointment, the patient calls his dentist the next day, reporting that he had "soaked" his pillow and a hand towel and was still bleeding. The dentist instructed the patient to go to the hospital immediately as they were

	experiencing hemorrhage. Upon arrival at the emergency room, the blood pressure measured was 90/50 mmHg.
6	A student eats at a Japanese restaurant and consumes a large amount of food with soy sauce. In the following hours, she drinks a lot of water to alleviate uncontrollable thirst. His colleague measures her blood pressure, which is 150/85 mmHg (normally around 110/70 mmHg).



**Figure 5. A)** Board employed for stage 4, comprising a table with 4 main columns and eight rows, featuring two headings to delineate the content of each column. Rows are sequentially numbered from 1 to 6 to correspond with the described scenarios in the students’ script, as delineated in Chart 1. Column 1 denotes changes in Glomerular Filtration Rate (GFR), while column 2 illustrates the corresponding alterations in the concentration of [NaCl], using upward-pointing arrows for increase and downward-pointing arrows for decreases, resulting from each scenario. In column 3, the necessary physiological mechanism to correct these alterations should be indicated. Column 4 is divided into 3 sub-columns: 1<sup>st</sup>) the impact of these mechanisms on the diameter of the afferent (AA) and efferent (AE) arterioles, indicating either vasodilation or vasoconstriction; 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) the effect on glomerular hydrostatic pressure (P<sub>H</sub>) and Glomerular Filtration Rate (GFR), respectively. This column should be filled again with arrows positioned upwards for an increase or downwards for a decrease. **B)** Pieces used to fill the board illustrating physiological mechanisms to control GFR: Myogenic response; Sympathetic Nervous System; Tubuloglomerular feedback; Atrial natriuretic peptide. Upwards and downwards arrows are used to denote increases or decreases; and the states of afferent (AA) and efferent (EA) arterioles: "vasodilation" or "vasoconstriction" should be chosen.

### *Assessment of Student Perception Regarding the Game*

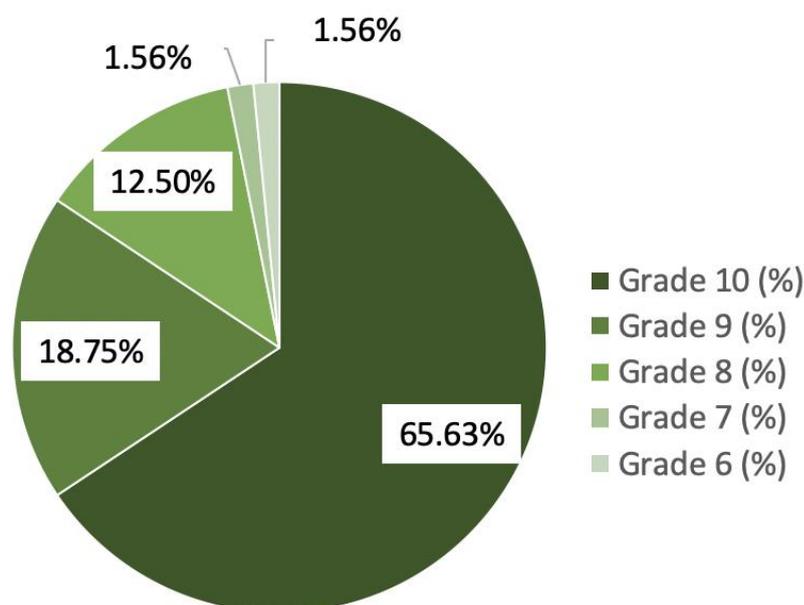
At the end of the Biosciences II course, as previously described, students' perception regarding the contribution of the educational game activity to learning about Glomerular Filtration Physiology was assessed using a scale from 1 to 10, accompanied by justifications for the assigned score. The pre-presented justifications were proposed adapted from a previous study (22). To mitigate acquiescence bias, students were also given the option to provide their own explanations in the "other reason" category. Students were instructed to select all appropriate justifications or none, allowing for a more detailed analysis of their perception regarding the methodology, as depicted in **Table 2**.

**Table 2.** Options of justifications available to students regarding the score (1 to 10) assigned to the contribution of the educational game activity to learning about Glomerular Filtration Physiology. \*Multiple selections were allowed.

Justifications*:	
<input type="checkbox"/>	Helped to understand and comprehend the content (complemented the reading of the textbook and/or explanation by the professor).
<input type="checkbox"/>	Facilitated actual learning by presenting the same subject matter in a different way (solidified what I had already understood).
<input type="checkbox"/>	Enabled identification of what I didn't know and learning during the activity.
<input type="checkbox"/>	Facilitated group learning, as discussing with peers helped us understand what we hadn't comprehended from reading the textbook and/or explanation by the professor.
<input type="checkbox"/>	Facilitated learning because the environment became more pleasant and dynamic, exchanging ideas with classmates.
<input type="checkbox"/>	Facilitated learning because I realized that my classmates also had doubts, which made me feel more comfortable presenting mine.
<input type="checkbox"/>	Facilitated learning because I helped some classmates, and by explaining what we understood, we ended up learning more.
<input type="checkbox"/>	It wasn't helpful because I had already understood the content; it was repetitive.
<input type="checkbox"/>	It wasn't helpful because I learn better alone than in a group.
<input type="checkbox"/>	It wasn't helpful because not all classmates had prepared adequately for the class.
<input type="checkbox"/>	It wasn't helpful because I helped my classmates without any change in my own learning.
<input type="checkbox"/>	Other reason: _____

## RESULTS

The mean ( $\pm$ SD) of the scores assigned by students regarding the contribution of the puzzle-type educational game to learning about Glomerular Filtration Physiology was 9.45 ( $\pm$ 0.89). **Figure 6** presents the percentage of students who assigned scores of 6, 7, 8, 9, or 10. No student assigned a score lower than 6, and 96.88% of students assigned scores of 8, 9, or 10.



**Figure 6.** Percentage of scores assigned by students regarding the contribution of the puzzle-type educational game to learning about Glomerular Filtration Physiology (n=64).

**Table 3** presents the selected justifications that best support the choice of assigned scores, including the number of students and the respective percentage of students who selected them.

**Table 3.** Selected justifications by students that best support the assigned score. \* Multiple selections were allowed.

Justifications*	N	%
Enabled identification of what I didn't know and learning during the activity.	47	72.31
Facilitated group learning, as discussing with peers helped us understand what we hadn't comprehended from reading the textbook and/or explanation by the professor.	43	66.15
Facilitated actual learning by presenting the same subject matter in a different way (solidified what I had already understood).	40	61.54

Helped to understand and comprehend the content (complemented the reading of the textbook and/or explanation by the professor).	39	60
Facilitated learning because the environment became more pleasant and dynamic, exchanging ideas with classmates.	37	56.92
Facilitated learning because I helped some classmates, and by explaining what we understood, we ended up learning more.	25	38.46
Facilitated learning because I realized that my classmates also had doubts, which made me feel more comfortable presenting mine.	22	33.85
Other reason: "Helped to correlate and tie the subject together" and "I think I missed this class."	2	3.08
It wasn't helpful because not all classmates had prepared adequately for the class.	1	1.54

## DISCUSSION

Our study describes and demonstrates the use of a puzzle-type educational game as a complement to teaching Glomerular Filtration Physiology for undergraduate students in Dentistry in Brazil. According to the students' perception, this method positively contributed to their learning. Similarly, in a previous experiential report, it was shown that gamification used after traditional lectures increased interest in glomerular filtration content among medical students; however, their perception was not evaluated (14).

Other types of active learning methods have been reported as being useful tools for teaching renal physiology (2-4, 14), supporting the findings of the present study and suggesting that active teaching tools can indeed enhance understanding and learning of the content. This aligns with previous reports emphasizing the active role of students during such activities in the teaching-learning process. These methodologies are shown to promote a deeper understanding of the content, increased retention of knowledge, and the development of critical thinking skills in the application of concepts (23, 24). Moreover, these teaching strategies have been shown to improve students' performance, leading to higher grades in the discipline (16, 17, 25).

Although this study did not measure the cognitive gain obtained from using the game, the results demonstrate that the use of this active methodology as a complement to theoretical classes was an important strategy for improving learning, as already demonstrated in the teaching of cardiac physiology (15), muscle contraction (19), membrane potential (18), osmolarity and tonicity (26), as well as using fitting puzzles for teaching membrane potential (27).

It is worth noting that previous studies have demonstrated the effectiveness of using educational games in physiology education to reduce students' anxiety and stress levels before exams (28, 29). Although the stress and anxiety levels of students were not measured in the present study, it was evident during the game that they were highly engaged in a relaxed and participative environment. Indeed, from the students' perspective, the game facilitated more effective learning, as the atmosphere became more enjoyable and dynamic, enabling discussions among peers. Furthermore, it allowed them to realize that their peers also had questions, which made them feel more comfortable expressing their own inquiries. Additionally, according to the students, the opportunity to explain concepts to their peers also contributed to improving learning.

It is important to emphasize that the high score attributed to the game, according to the students' perception, stems from the fact that the use of the game facilitated the identification of doubts, thereby contributing to more effective learning during the activity, largely due to its group setting. The importance of collaborative learning has been previously reported as one of the three main forms of learning (30), corroborating with the most prevalent justifications in the present study.

Furthermore, engaging in the game requires students to demonstrate their soft skills, which encompass their ability to deal with daily activities and challenges and to achieve outcomes through collaborative efforts with peers. These competencies are developed through lived experiences, and in the case of the educational game conducted in a group setting, they include teamwork in listening to peers, interpreting information presented in figures and tables, participating in debates, and articulating concepts in an explanatory manner. Thus, the activity facilitated the integration of various learning modalities among students, as highlighted previously (15). This validates the perception recorded in the present study. In fact, students emphasized that one reason for the positive perception of the methodology was the opportunity to approach the same topic in diverse ways, which contributed to improved learning.

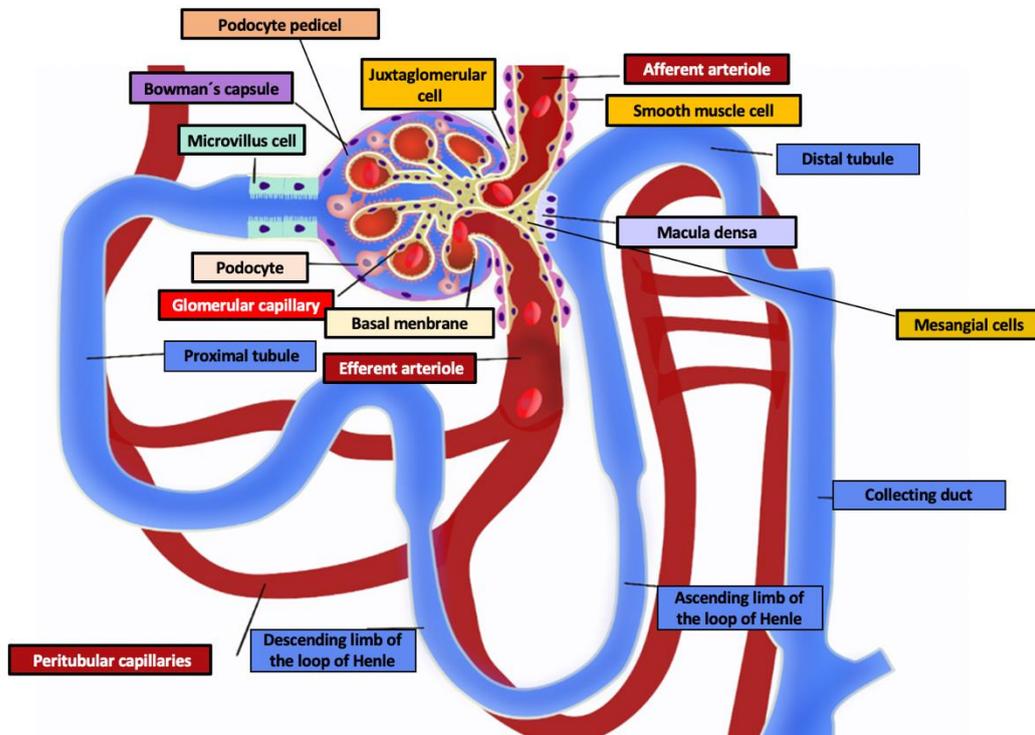
Another characteristic of the described game is its feasibility to be applied in different educational institutions while maintaining this methodological approach. Additionally, the flexibility and adaptability of the game to various curricular structures in the health field are highlighted, allowing for the reduction of the number of steps if the workload is limited, or even its transition to a digital format to be conducted as an extracurricular activity, for example.

Therefore, the puzzle described and utilized in this study proved to be a strategy capable of making students protagonists of their learning process, as well as suggesting to have a positive impact on learning about the addressed topic, from the students' perspective. Therefore, this pedagogical approach can be a valuable tool for enhancing understanding in glomerular filtration when used in combination with lecture classes.

## **DATA AVAILABILITY**

The data presented in this study are available from the authors on request.

## SUPPLEMENTAL MATERIAL



**Figure S1.** Fully filled board of Stage 1 of the 4-stage educational puzzle game, developed for teaching the physiology of glomerular filtration (DOI: 10.6084/m9.figshare.25228193).

<b>Physiological process</b>	<b>Pathway of the substance</b>
<b>FILTRATION</b>	<b>from the blood to the lumen</b>
<b>REABSORPTION</b>	<b>from the lumen to the blood</b>
<b>SECRETION</b>	<b>from the blood to the lumen</b>
<b>EXCRETION</b>	<b>from the lumen to external</b>

**Figure S2.** Fully filled board of Stage 2 of the 4-stage educational puzzle game, developed for teaching the physiology of glomerular filtration (DOI: 10.6084/m9.figshare.25227953).

Diameter of efferent and afferent arterioles		Renal blood flow (RBF)	Glomerular hydrostatic pressure ( $P_H$ )	Glomerular filtration rate (GFR)
	AA: basal EA: basal	=	=	=
	AA: vasoconstriction EA: basal	↓	↓	↓
	AA: vasodilation EA: basal	↑	↑	↑
	AA: basal EA: vasodilation	↓	↑	↑
	AA: basal EA: vasoconstriction	↑	↓	↓

**Figure S3.** Fully filled board of Stage 3 of the 4-stage educational puzzle game, developed for teaching the physiology of glomerular filtration (DOI: 10.6084/m9.figshare.25229387).

Scenario	(1)	(2)	(3)	(4)		
	GFR	Result on the flow and [NaCl] in the macula densa	Physiological mechanism(s) of GFR control or other control systems affecting GFR	Diameter of efferent and afferent arterioles	P <sub>H</sub>	GFR
1	↓	↓	Tubuloglomerular feedback Myogenic response	AA: Vasodilation EA: Vasoconstriction	↑	↑
2	↑	↑	Tubuloglomerular feedback Myogenic response	AA: Vasoconstriction EA: Vasodilation	↓	↓
3	↑	↑	Tubuloglomerular feedback	AA: Vasoconstriction EA: Vasodilation	↓	↓
4	↓	↓	Sympathetic Nervous System	AA: Vasoconstriction EA: Vasoconstriction	↓	↓
5	↓	↓	Sympathetic Nervous System	AA: Vasoconstriction EA: Vasoconstriction	↓	↓
6	↑	↑	Atrial natriuretic peptide	AA: Vasodilation EA: Vasoconstriction	↑	↑

**Figure S4.** Fully filled board of Stage 4 of the 4-stage educational puzzle game, developed for teaching the physiology of glomerular filtration (DOI: 10.6084/m9.figshare.25229399).

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their gratitude for the contribution of Professor Sérgio Roberto Peres Line, from Histology Area of Piracicaba Dental School, Universidade Estadual de Campinas, in creating the nephron diagram used in Stage 1 of the game and for his participation in the classes.

Additionally, we thank the PhD students Thomas Barbin and Aylla Mesquita Pestana for their assistance in capturing images from the classes and handling the perception forms, respectively.

## DISCLOSURES

The authors declare no conflict of interest.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Bárbara Fortunato Prohmann - Investigation, Writing - Original Draft, Visualization, Data Curation

Fernanda Klein Marcondes - Conceptualization, Review & Editing

Michelle Franz-Montan - Conceptualization, Resources, Writing - Review & Editing, Supervision, Project administration

## REFERENCES

1. **Nasre-Nasser RG, Oliveira GAd, Marques Ribeiro MF, and Arbo BD.** Behind teaching-learning strategies in physiology: perceptions of students and teachers of Brazilian medical courses. *Advances in Physiology Education* 46: 98-108, 2022.
2. **Colombo R, Santos RA, Rech LdS, Tonolli BT, Farina GS, and Gerhardt GJL.** An educational tool to improve understanding of angiotensin II function and the adrenergic system in renal circulation. *Advances in Physiology Education* 43: 529-533, 2019.
3. **Bhaskar A, and Oommen V.** A simple model for demonstrating the factors affecting glomerular filtration rate. *Advances in Physiology Education* 2018.
4. **Janssen HF.** Teaching renal physiology concepts using a problem solving approach. *Annals of the New York Academy of Sciences* 701: 116-119, 1993.
5. **Jha V, Garcia-Garcia G, Iseki K, Li Z, Naicker S, Plattner B, Saran R, Wang AY-M, and Yang C-W.** Chronic kidney disease: global dimension and perspectives. *The Lancet* 382: 260-272, 2013.
6. **Lopes MB.** Censo Brasileiro de Nefrologia 2019: um guia para avaliar a qualidade e a abrangência da terapia renal substitutiva no Brasil. Como estamos e como podemos melhorar? *Brazilian Journal of Nephrology* 43: 154-155, 2021.
7. **Proctor R, Kumar N, Stein A, Moles D, and Porter S.** Oral and dental aspects of chronic renal failure. *Journal of dental research* 84: 199-208, 2005.

8. **Yuan Q, Xiong Q-C, Gupta M, López-Pintor RM, Chen X-L, Seriwatanachai D, Densmore M, Man Y, and Gong P.** Dental implant treatment for renal failure patients on dialysis: a clinical guideline. *International journal of oral science* 9: 125-132, 2017.
9. **Miller CS, and McGarity GJ.** Tetracycline-induced renal failure after dental treatment. *The Journal of the American Dental Association* 140: 56-60, 2009.
10. **Fissler P, Kolassa I-T, and Schrader C.** Educational games for brain health: revealing their unexplored potential through a neurocognitive approach. *Frontiers in psychology* 6: 1056, 2015.
11. **Tarouco LMR, Roland LC, Fabre M-CJM, and Konrath MLP.** Jogos educacionais. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico] Porto Alegre, RS* 2004.
12. **Schneider MV, and Jimenez RC.** Teaching the fundamentals of biological data integration using classroom games. *PLoS computational biology* 8: e1002789, 2012.
13. **Michael DR, and Chen SL.** *Serious games: Games that educate, train, and inform.* Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
14. **Maiche SD, dos Santos Carneiro G, de Jesus TRC, de Brito APA, de Miranda Avena K, and Quintanilha LF.** TRANSFORMANDO O APRENDIZADO NA EDUCAÇÃO MÉDICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE O USO DA GAMIFICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO EM AULAS PRÁTICAS DE FISIOLOGIA RENAL. *Diálogos & Ciência* 2: 62-69, 2023.
15. **Marcondes FK, Moura MJ, Sanches A, Costa R, de Lima PO, Groppo FC, Amaral ME, Zeni P, Gaviao KC, and Montrezor LH.** A puzzle used to teach the cardiac cycle. *Advances in physiology education* 39: 27-31, 2015.
16. **Cardozo LT, Miranda AS, Moura MJCS, and Marcondes FK.** Effect of a puzzle on the process of students' learning about cardiac physiology. *Advances in physiology education* 40: 425-431, 2016.
17. **Luchi KCG, Montrezor LH, and Marcondes FK.** Effect of an educational game on university students' learning about action potentials. *Advances in physiology education* 41: 222-230, 2017.
18. **Machado RS, Oliveira I, Ferreira I, das Neves B-HS, and Mello-Carpes PB.** The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. *Advances in physiology education* 42: 79-83, 2018.
19. **Luchi KCG, Cardozo LT, and Marcondes FK.** Increased learning by using board game on muscular system physiology compared with guided study. *Advances in physiology education* 43: 149-154, 2019.
20. **Cardozo LT, Castro AP, Guimarães AF, Gutierrez LLP, Montrezor LH, and Marcondes FK.** Integrating synapse, muscle contraction, and autonomic nervous system game: effect on learning and evaluation of students' opinions. *Advances in Physiology Education* 44: 153-162, 2020.
21. **Fragelli RR.** Three hundred:: active and collaborative learning as an alternative to the problem of test anxiety. *Revista Gestão & Saúde* 2015.
22. **Cardozo LT, Sarinho VT, Montrezor LH, Gutierrez LLP, Granjeiro ÉM, and Marcondes FK.** Cardiac cycle puzzle: development and analysis of students' perception of an online Digital Version for Teaching Cardiac Physiology. *Journal on Interactive Systems* 12: 21-34, 2021.
23. **Goldberg HR, Haase E, Shoukas A, and Schramm L.** Redefining classroom instruction. *Advances in Physiology Education* 30: 124-127, 2006.
24. **Pierce R, and Fox J.** Vodcasts and active-learning exercises in a "flipped classroom" model of a renal pharmacotherapy module. *American journal of pharmaceutical education* 76: 2012.
25. **Odenweller CM, Hsu CT, and DiCarlo SE.** Educational card games for understanding gastrointestinal physiology. *Advances in Physiology Education* 275: S78, 1998.
26. **Pessoa PT, Palanch AC, Casale KR, Montrezor LH, Taxini CL, Azevedo MA, and Marcondes FK.** An educational game for teaching osmolarity and tonicity: opinions of dental and medical students. *Advances in Physiology Education* 47: 557-561, 2023.
27. **Rodenbaugh HR, Lujan HL, Rodenbaugh DW, and DiCarlo SE.** Having fun and accepting challenges are natural instincts: jigsaw puzzles to challenge students and test their abilities while having fun! *Advances in physiology education* 38: 185-186, 2014.
28. **Cardozo LT, Azevedo MARd, Carvalho MSM, Costa R, de Lima PO, and Marcondes FK.** Effect of an active learning methodology combined with formative assessments on performance, test anxiety, and stress of university students. *Advances in Physiology Education* 44: 744-751, 2020.

29. **Cardozo LT, de Lima PO, Carvalho MSM, Casale KR, Bettioli AL, de Azevedo MAR, and Marcondes FK.** Active learning methodology, associated to formative assessment, improved cardiac physiology knowledge and decreased pre-test stress and anxiety. *Frontiers in Physiology* 14: 2023.
30. **Prince M.** Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education* 93: 223-231, 2004.

## 2.2. Artigo 2: Combinação de metodologias ativas no ensino do equilíbrio hidroeletrólítico: jogo educacional, lição interativa e quiz

**Autores:** Prohmann BF,<sup>1</sup> Marcondes FK<sup>1</sup> Franz-Montan M<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biociência, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

\* Autor correspondente: [mfranz@unicamp.br](mailto:mfranz@unicamp.br)

Este artigo será submetido ao periódico *Advances in Physiology Education*

---

### RESUMO

Existe uma busca por metodologias ativas no ensino universitário objetivando melhorar a formação dos estudantes, principalmente a conteúdos densos e complexos, como a fisiologia do sistema renal. O objetivo deste estudo foi descrever um jogo educacional do tipo quebra-cabeça (JE) e de outras duas estratégias de ensino ativo na modalidade online envolvendo lição interativa e *quiz* utilizados no ensino de fisiologia do controle renal hidroeletrólítico aos estudantes do 2º semestre do curso de Odontologia da Universidade Estadual de Campinas. Além disso, avaliar a percepção discente sobre a contribuição dessas metodologias para o seu aprendizado. O tópico mecanismos hormonais envolvidos na homeostasia hidroeletrólítica, abordando correções de osmolaridade e volemia do conteúdo de Fisiologia Renal foi ministrado aos estudantes de graduação em Odontologia (n = 79), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) durante o 2º semestre de 2022 em 2 aulas. A primeira, composta por uma aula teórica, e a segunda, por uma atividade prática, realizada em grupos de até 6 alunos, utilizando o JE. Após a aula teórica, os alunos foram convidados a realizar individualmente uma lição interativa na plataforma *Lt Kuracloud* e após a prática com o JE, um *quiz* no aplicativo *Socratic Student*. Ao término da disciplina, os alunos avaliaram em uma escala “tipo Likert” (1 a 10) se as estratégias utilizadas foram úteis para o seu aprendizado, sendo 1 não foi útil e 10, foi necessária (n=71), assinalando justificativas para a nota atribuída. Em seguida, os alunos foram informados e convidados a participar deste estudo (n=64). A nota média ( $\pm$ DP) atribuída pelos alunos sobre a contribuição do uso do JE, da lição interativa e do *quiz* foi de 9,59( $\pm$ 0,58), 9,49( $\pm$ 0,41) e 9,09( $\pm$ 1,39), respectivamente. Assim, na opinião dos alunos de graduação em Odontologia da UNICAMP, o uso de diferentes estratégias de ensino ativo contribuiu para um melhor aprendizado do conteúdo.

## NEW & NOTEWORTHY

O uso de diferentes metodologias ativas no ensino do controle hidroeletrolítico, como jogo educacional do tipo quebra-cabeça, lição interativa na plataforma *Lt Kuracloud* e *quiz* no aplicativo *Socrative Student* contribuiu para o aprendizado na opinião dos alunos de Odontologia na Universidade Estadual de Campinas. Os alunos destacaram que tais estratégias facilitaram a compreensão do conteúdo, complementaram a aula teórica; permitiram identificar o que não haviam entendido e promoveram o aprendizado em grupo por meio de discussões e ensino entre os pares.

**Keywords:** Educação superior; Fisiologia renal; Homeostasia hidroeletrolítico; Jogo educacional; *LT Kuracloud*; Metodologia ativa; Odontologia; *Socrative Student*.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, os docentes universitários tem como desafio desenvolver ferramentas para vencer os obstáculos para aprendizagem dos estudantes, que são a falta de motivação, falta de engajamento (1) e insegurança quanto ao conhecimento sedimentado de conteúdos já ministrados (2). Tais obstáculos prejudicam o desempenho dos alunos e sua capacidade de resolução de problemas, especialmente aqueles relacionados à profissão. Assim, aprimorar o processo de ensino-aprendizagem implementando metodologias ativas de ensino, pode contribuir com a formação de um profissional melhor e mais preparado (3).

O uso de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem substituindo ou complementando aulas teóricas, tem sido reportadas como principais estratégias capazes de tornar o aluno como protagonista do seu aprendizado (4, 5). O uso desses métodos permite maior participação e interação entre os estudantes e, portanto, eles se tornam uma ferramenta eficaz na fixação do conteúdo ministrado (6).

Dentre as metodologias ativas mais empregadas na educação superior no Brasil merece destaque a *gamificação*, seu uso iniciou-se no curso de medicina na década de 60 e, em seguida, passou a ser empregado em outros cursos na área da saúde (7). Dentre as ferramentas empregadas nessa abordagem destacam-se os jogos educacionais, pois são capazes de desenvolver habilidades como criatividade, capacidade de resolver problemas, trabalho em equipe envolvendo aplicação de conceitos que requerem estudo prévio e desenvolvimento da capacidade de argumentação entre os pares (8, 9). Os jogos educacionais do tipo quebra-cabeças merecem destaque pois foram eficazes em promover melhor compreensão e clareza no

aprendizado de diferentes tópicos abordados na disciplina de Fisiologia como ciclo cardíaco (8, 10); potencial de membrana e de ação (11, 12); contração muscular (13); e a integração entre os tópicos sinapse, contração muscular e sistema nervoso autônomo (14).

As estratégias lúdicas de ensino, por exemplo os jogos educacionais, sempre foram frequentes no cenário de ensino-aprendizagem e com o advento das tecnologias, esta estratégia tem sido mais utilizada, como forma de incentivar o estudante a participar das atividades programadas pelos docentes (15). Recentemente houve um crescente aumento no número de programas computacionais e aplicativos que propõe o uso dos jogos na educação. A contribuição do uso dessas tecnologias tem sido reportada com cada vez mais frequência na literatura, sendo o uso no formato de *quizzes* utilizando por exemplo o *Kahoot* e o *Socrative* os mais empregados (16-18). Os alunos relatam que o uso dessas tecnologias torna a participação ativa, maior engajamento e uma experiência divertida, percebendo que essa prática contribui significativamente para um aprendizado mais eficaz (19-26). Além disso, a literatura tem evidenciado que as atividades online são consideradas menos monótonas e mais atraentes, especialmente para a “geração Z”, composta por estudantes nascidos entre 1995 e 2010, faixa etária que compõe os alunos ingressantes na graduação (27).

A transição para o ensino remoto, durante a pandemia de Covid-19, notou-se a incorporação de diversas tecnologias para intensificar o envolvimento dos estudantes nesta nova modalidade de ensino. Um exemplo foi disponibilização gratuita a universidades públicas de uma plataforma para ensino de Fisiologia Humana pela ADInstruments, chamada *Lt Kuracloud*. Esta plataforma demonstrou eficiência ao promover engajamento dos estudantes e contribuir para o aprendizado no ensino remoto (28, 29).

A aprendizagem de um novo conceito depende de uma sequência de etapas mediadas pelo cérebro conhecidas como aquisição, consolidação e recordação. (30). A variação nas estratégias pedagógicas permite a ativação de diferentes áreas cerebrais e redes neurais. Ao estudar um conceito de maneiras diversas, como por meio de discussões em grupo, atividades práticas, em complemento à aula teórica reforça a consolidação da informação, evocando memórias formadas para facilitar a assimilação de novos conhecimentos (31). Além disso, a diversidade de abordagens responde às diferentes preferências de aprendizagem dos estudantes, atendendo tanto aos aspectos visuais quanto auditivos, cinestésicos e colaborativos, otimizando o processo de aprendizado. Assim, a combinação de metodologias ativas pode favorecer a criação de memória, contribuindo para um aprendizado mais eficaz.

Nos cursos da área de saúde das universidades brasileiras, o conteúdo de fisiologia humana é geralmente ministrado entre o primeiro e o quarto semestre da graduação, e é

reconhecida como uma disciplina difícil pelos estudantes, especialmente pela quantidade de conteúdo e dificuldade de estudo extraclasse (32, 33). Além disso, destaca-se o desafio de se evidenciar a importância, relevância e aplicabilidade do conteúdo de fisiologia em sua vida profissional futura (34). Por isso, a busca e disseminação de estudos que envolvam o uso de metodologias ativas no ensino universitário nos últimos anos vem aumentando consideravelmente, visando melhorar a formação dos estudantes (35).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi descrever um jogo educacional do tipo quebra-cabeça e outras duas atividades extraclasse online, utilizando lição interativa e *quiz*, utilizados como complemento do ensino do tópico controle hidroeletrolítico (correções de osmolaridade e volemia) dentro de fisiologia renal, ministrado no 2º semestre do curso de graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Universidade Estadual de Campinas (FOP-UNICAMP). Além disso, avaliar a percepção discente sobre a contribuição das metodologias ativas utilizadas para o aprendizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Delineamento do estudo e Considerações éticas*

Este trabalho foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da FOP-UNICAMP (CAAE: **42980515.0.0000.5418**) e foi realizado com estudantes cursando o 2º semestre de graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP) da UNICAMP no ano de 2022. O conteúdo de Fisiologia faz parte de uma disciplina integrada chamada de Biociências II, que engloba outras áreas básicas como Histologia, Anatomia, Bioquímica e Farmacologia.

O tópico que aborda os conceitos de regulação hormonal da homeostasia hidroeletrolítica envolvendo correções de osmolaridade e volemia dos líquidos corporais integra o último tópico de Fisiologia do Sistema Renal. Este tema foi apresentado em uma aula teórica expositiva para a turma de 79 alunos, com duração de 2 horas. Após a aula teórica, os alunos foram orientados a participar de uma lição interativa sobre o tema abordado através da plataforma *Lt Kuracloud (ADInstruments)* e aprofundar seus estudos por meio de um livro-texto. Após aproximadamente 1 semana, foi realizada uma atividade prática com duração de 2 horas, feita em dois momentos, envolvendo metade da turma por vez (n=40/turma) utilizando o jogo educacional, descrito a seguir.

No início da prática os alunos foram instruídos a formar grupos, mesclando o desempenho acadêmico dos 5 a 6 componentes visando a participação ativa e colaborativa entre

os mesmos, preceitos do “método trezentos” (36) esses grupos foram divididos no início do semestre letivo, baseado nas notas obtidas na disciplina de Biociências I, ministrada no primeiro semestre do curso. Para a execução da atividade prática, os discentes receberam um roteiro contendo orientações para a realização do jogo em 2 etapas, em sequência, os mesmos foram instruídos a progredir para a próxima fase, do jogo, somente após concluírem a etapa anterior de forma integral e correta, garantindo assim uma compreensão abrangente do conteúdo antes de avançar. A aula foi conduzida na presença de monitores, sendo estudantes de mestrado ou doutorado do programa de Pós-Graduação em Odontologia, na Área de Fisiologia Oral, os quais receberam a orientação de não apenas identificar os erros, mas também se a atividade estava totalmente correta ou se persistia algum equívoco. Isso propiciou uma dinâmica que exigia a discussão entre os integrantes do grupo até que chegassem a uma conclusão precisa e corrigissem devidamente a tarefa em questão.

Ao término dessa prática, os alunos foram orientados a realizar um *quiz* individualmente, no período máximo de 1 semana, utilizando o aplicativo de celular gratuito *Socrative Student* com os conceitos abordados. Essa atividade extraclasse continha 10 questões de múltipla escolha (com 4, 5 ou 6 opções de alternativas). A configuração do *quiz* no aplicativo *Socrative* foi realizada exigindo nome dos alunos, sem feedback das questões, apenas a % de acerto final. Desta forma, os alunos não tinham acesso ao gabarito. As dúvidas referentes às questões foram discutidas em aula expositiva dialogada subsequente.

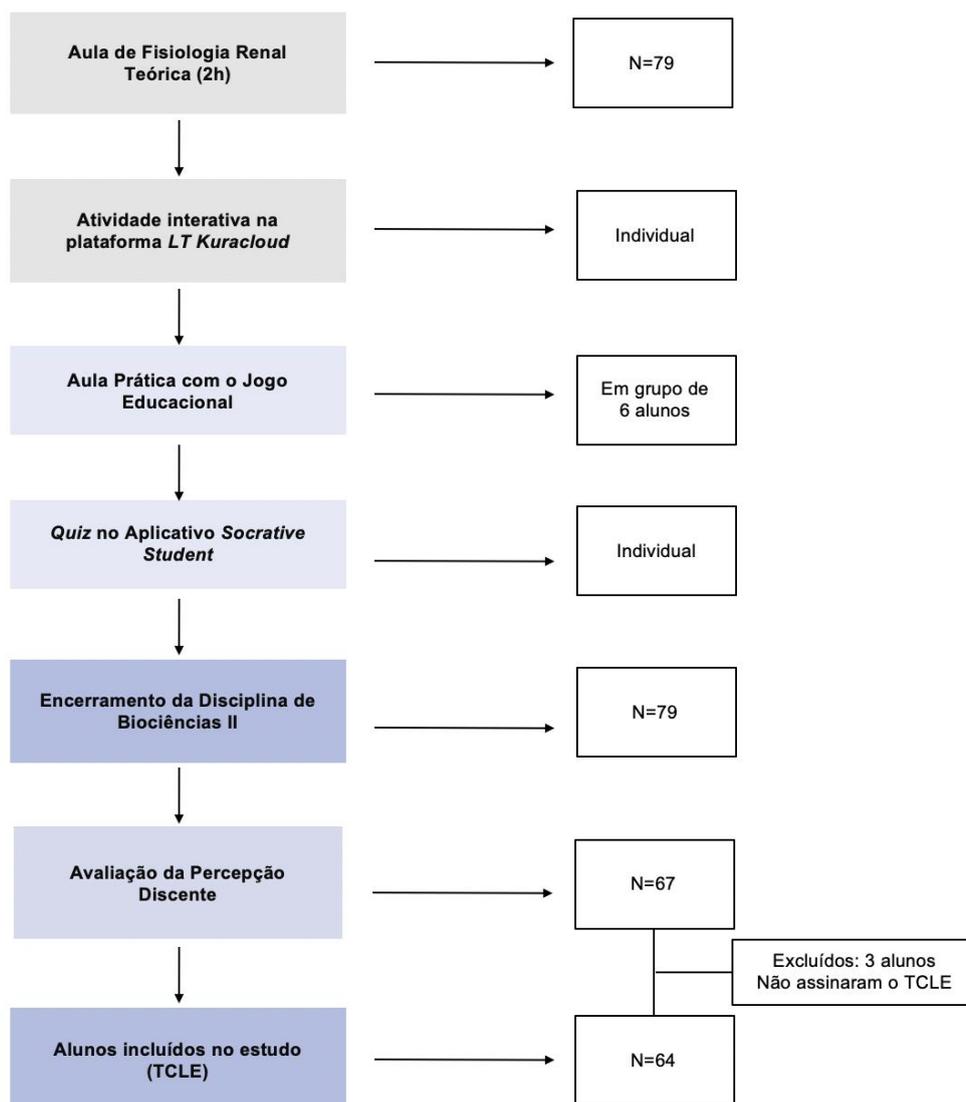
A execução das atividades *online*, que incluíam lição interativa e *quiz*, dentro dos prazos estabelecidos, era pontuada com base na participação, desconsiderando a contagem de acertos nas atividades. Assim, os alunos eram submetidos a uma avaliação formativa.

No final do semestre, após a conclusão da disciplina de Biociências II, os alunos foram convidados a avaliar e estratégias utilizadas no ensino de fisiologia renal que envolviam as diferentes metodologias ativas de ensino: jogos educacionais do tipo quebra-cabeça, plataforma interativa (*Lt Kuracloud*) e *quiz* (aplicativo *Socrative Student*), descritos detalhadamente a seguir. A avaliação foi realizada de forma presencial, com questionário impresso em papel, utilizando uma escala “tipo Likert” (1 a 10) a fim de se atribuir uma nota a cada estratégia utilizada, indicando o quão útil ela foi para o aprendizado, em que 1 representava que a metodologia não foi útil e 10 que a metodologia foi essencial. Além da escala, o questionário continha opções pré-elaboradas de justificativas, podendo ser assinaladas quantas os alunos julgarem apropriadas ou nenhuma delas, sendo que para diminuir o viés de aquiêscencia das afirmações do questionário, o aluno tinha a opção de escrever com suas próprias palavras sua justificativa para a nota atribuída. E finalmente, foi realizada uma

pergunta aberta, solicitando aos alunos que indicassem qual(is) metodologia(s) de ensino consideravam ter proporcionado o aprendizado mais significativo, onde mais de uma metodologia poderia ser indicada.

Um total de 67 alunos participaram desta avaliação. Destacamos que todas as atividades mencionadas faziam parte do conteúdo programático da disciplina de Biociências II. Os alunos participaram de todas as atividades, independente da pesquisa.

Após o preenchimento do questionário, uma estudante de doutorado, não envolvida na pesquisa, explicou o objetivo do estudo e convidou os estudantes a participarem voluntariamente. Após terem sido informados sobre o estudo, os alunos foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os alunos que concordaram em participar da pesquisa (n=64) entregaram o TCLE devidamente preenchido e assinado. A **Figura 1** apresenta o fluxograma do presente estudo.



**Figura 1.** Ilustra as etapas do estudo envolvendo as aulas teórica e prática sobre homeostasia hidroeletrolítica, preenchimento do questionário de percepção discente sobre as metodologias utilizadas e abordagem para participação da pesquisa.

### *Descrição do jogo*

O jogo educacional do tipo quebra-cabeça é composto por duas etapas, englobando conceitos de regulação hormonal da homeostasia hidroeletrolítica, bem como ajustes necessários para correção de alterações de osmolaridade e volemia.

#### **ETAPA 1**

A primeira etapa é composta por uma tabela colorida impressa em folha tamanho A3 (**Figura 2**) e peças coloridas (**Figura 3**), ambos impressos em papel de 120 g/m<sup>2</sup>, laminado com plástico transparente. A Tabela contém quatro colunas e seis linhas para preenchimento, listando as seguintes substâncias no início das linhas: vasopressina, renina, angiotensina II, aldosterona, adrenalina e natriurético atrial. Nas colunas, os alunos devem preencher o local de produção de cada uma dessas substâncias, utilizando as peças vermelhas no tamanho 6,5 X 3,5 cm, o controle da secreção (estímulo), utilizando as peças azuis no tamanho 9,5 X 3,5 cm, o processo fisiológico desencadeado utilizando as peças amarelas no tamanho 7,3 X 3,5 cm e o local de ação no néfron com as peças verdes de tamanho 5,5 X 3,5 cm. A tabela devidamente preenchida pode ser visualizada na **Figura S1**.

<b>Substância</b>	<b>Local de Produção</b>	<b>Controle da secreção (estímulo)</b>	<b>Processo Fisiológico desencadeado</b>	<b>Local de ação no néfron</b>
<i>Vasopressina (ADH)</i>				
<i>Renina</i>				
<i>Angiotensina II</i>				
<i>Aldosterona</i>				
<i>Adrenalina</i>				
<i>Natriurético atrial</i>				

**Figura 2.** Tabuleiro utilizado para realização da etapa 1 do jogo educacional do tipo quebra-cabeça.

Céls miocárdio dos átrios	↓ PA (Renina) -Ang II ↑ [K <sup>+</sup> ] ↓ osmolaridade ↓ [Na <sup>+</sup> ] Obs: ↑osmolaridade inibe a secreção	↑ Reab. Na <sup>+</sup> Secreção de K <sup>+</sup>	Final do túbulo distal e ducto coletor
Córtex da supra renal (Zona glomerulosa)	↓ volemia e PA	↑ Reabsorção de Na <sup>+</sup>	Final do túbulo distal e ducto coletor
Hipotálamo e liberado pela neuro-hipófise	↓ PA (SRA): 1)céls gran. sensíveis à PA; 2)estim. simpática direta; 3)feedback tubuloglomerular (↓ [Na <sup>+</sup> ] na mácula densa) =↑renina	↑ Reabsorção de água	Em todo o néfron
ECA (parede dos vasos-Renina)	↑ volume e PA (estiramento atrial)	↑ Reab. Na <sup>+</sup> e água (osmose) VC arteríolas renais: ↓TFG ↑ liberação de renina (céls. Granulares)	Túbulo proximal (água por osmose)
Células granulares	↓ PA (SRA): 1)céls gran. sensíveis à PA; 2)estim. simpática direta; 3)feedback tubuloglomerular (↓ [Na <sup>+</sup> ] na mácula densa) =↑renina	↑TFG (VD aa e VC ae), ↓ liberação renina ↓Reab. Na <sup>+</sup> e água* ↓ liberação ADH	-----
Medula suprarrenal	↑ osmolaridade ↓ volume (↓ estiramento atrial) ↓ PA (barorreceptores) Angiotensina II	Converte angiotensinogênio em angiotensina I	Final do túbulo distal e ducto coletor

Figura 3. Peças utilizadas no preenchimento do tabuleiro ilustrado na Figura 2.

## ETAPA 2

A segunda etapa do jogo, também é composta por uma tabela impressa em folha tamanho A3 (Figura 4) e peças coloridas (Figura 5), ambos impressos em papel de 120 g/m<sup>2</sup>, laminado com plástico transparente. A tabela contém sete linhas e as três colunas para preenchimento. Cada linha corresponde a uma situação hipotética descrita no roteiro entregue aos alunos, que deveria ser preenchida com peças que indicam a **alteração desencadeada** (peças vermelhas de tamanho 8 X 2,8 cm); e os mecanismos compensatórios desencadeados para correção da alteração com o **hormônio liberado** (peças azuis de tamanho 5 a 9 X 1,5 cm) e a **resposta comportamental** (peças amarelas tamanho 7 X 2,4 cm). A tabela devidamente preenchida pode ser visualizada na Figura S2.

I	II	III	
SITUAÇÃO	ALTERAÇÃO DESENCADEADA	MECANISMOS COMPENSATÓRIOS	
		HORMÔNIO(S) LIBERADO(S)	RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS
<i>Ingestão de salina isotônica</i>			
<i>Ingestão de salina hipertônica</i>			
<i>Beber muita água</i>			
<i>Ingerir sal sem água</i>			
<i>Hemorragia</i>			
<i>Desidratação severa por suor ou diarreia</i>			
<i>Compensação completa da desidratação severa com água</i>			

Figura 4. Tabuleiro utilizado para realização da etapa 2 do jogo educacional do tipo quebra-cabeça.

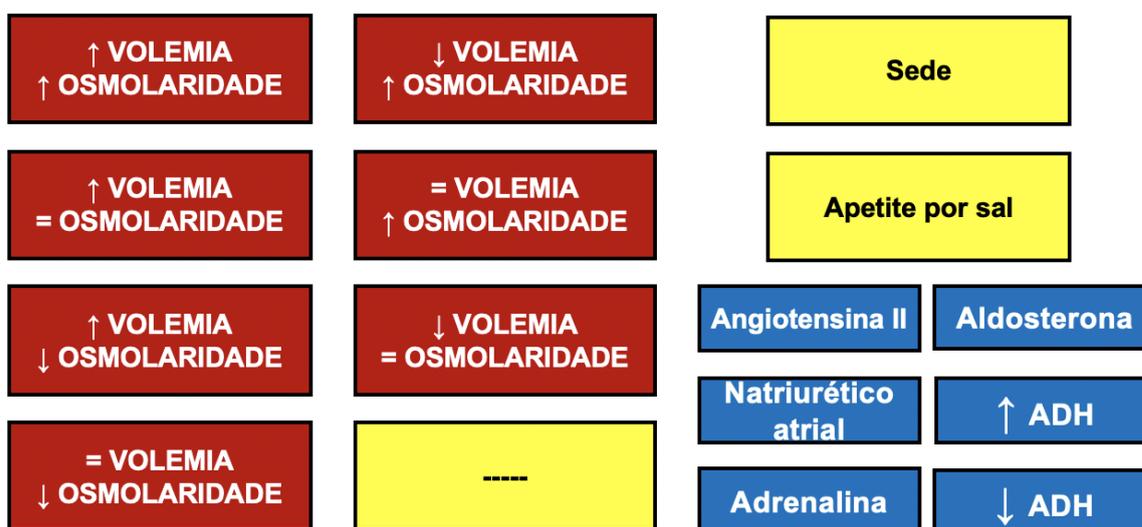


Figura 5. Peças utilizadas para o preenchimento do tabuleiro da etapa 2, ilustrado na Figura 4. Sendo ADH: hormônio antidiurético. Quantidade das peças: Peças vermelhas possuem 1 peça de cada; Natriurético atrial (3 peças); Adrenalina (2 peças); ↑ADH (4 peças); ↓ADH (3 peças); Aldosterona (3 peças); Angiotensina II (2 peças); Sede (4 peças); Apetite por sal (2 peças); — (1 peça). As cores correspondem em qual coluna seriam posicionadas.

### *Lição interativa na plataforma Lt Kuracloud*

A Lição interativa foi realizada por meio da plataforma paga *Lt Kuracloud*, desenvolvida pela *ADInstruments* (link: <https://www.adinstruments.com.br/lt>). A lição que foi realizada era intitulada “Equilíbrio de líquidos e eletrólitos”, disponível na biblioteca da plataforma, onde foram realizados pequenos ajustes envolvendo substituição de terminologias e redução de alguns conteúdos que não foram abordados aos alunos. A atividade realizada continha um total 9 páginas após as modificações, envolvendo conceitos ministrados na aula teórica.

A plataforma interativa permitia que o aluno respondesse às questões com feedback imediato sobre as perguntas e realizasse a atividade quantas vezes quisesse. Os alunos tiveram o prazo de uma semana para realizar a atividade proposta, individualmente. O docente recebeu um relatório com os alunos que haviam completado a lição, e foi atribuído nota por participação (parte da avaliação formativa) para cada um.

### *Quiz realizado no aplicativo Socrative Student*

O *quiz* foi realizado no aplicativo gratuito *Socrative Student* (disponível em: <https://b.socrative.com/login/student/>). O questionário deveria ser respondido individualmente, mediante inclusão do nome no início da realização da atividade, a qual foi configurada para não fornecer o feedback das perguntas, fornecendo apenas o feedback final com a nota obtida (% de acertos). O *quiz* continha 10 questões de múltipla escolha, com quatro, cinco ou seis alternativas, envolvendo o conteúdo abordado nas atividades anteriores. A atividade com o *quiz* poderia ser realizada durante o período de uma semana, decorridos após a aula prática. Após este período, foi realizada uma aula teórica, na qual os alunos tiveram a oportunidade de conferir uma discussão a respeito do gabarito das questões, proporcionando um espaço para esclarecimento de eventuais dúvidas.

### *Avaliação da percepção discente sobre as diferentes metodologias ativas utilizadas*

A avaliação da percepção discente quanto ao uso das diferentes estratégias para o ensino sobre regulação hormonal da homeostasia hidroeletrólítica envolvendo correções de osmolaridade e volemia dos líquidos corporais foi realizada ao término da disciplina de Biociências II. Os alunos avaliaram as diferentes metodologias utilizando uma escala “tipo *Likert*”, onde deveriam atribuir notas variando de 1 a 10, que indicasse se cada uma das estratégias foi necessária para o aprendizado (nota 10) ou não foi útil (nota 1). Além da escala,

o questionário apresentava opções de justificativas para cada nota atribuída, conforme ilustra o **Quadro 1**. Os alunos foram orientados a assinalar quantas justificativas julgassem apropriadas. Finalmente, ao final do questionário, constava uma pergunta aberta, solicitando aos alunos que indicassem qual(is) metodologia(s) de ensino considerava ter proporcionado o aprendizado mais significativo, onde mais de uma metodologia poderia ser indicada.

**Quadro 1.** Justificativas disponíveis no questionário de percepção discente sobre a contribuição do uso do jogo educacional do tipo quebra-cabeças, Lição interativa na plataforma *Lt Kuracloud* e *Quiz* realizado no aplicativo *Socrative Student* para o ensino sobre regulação hormonal da homeostasia hidroeletrolítica envolvendo correções de osmolaridade e volemia dos líquidos corporais.

<b>JUSTIFICATIVAS:</b>
Jogo educacional do tipo quebra-cabeças
<input type="checkbox"/> Ajudou a entender, compreender o conteúdo (complementou a leitura do livro e, ou explicação do professor).
<input type="checkbox"/> Ajudou a aprender de fato, por permitir ver o mesmo assunto, de outra forma (solidificou o que eu já tinha compreendido).
<input type="checkbox"/> Permitiu identificar o que eu não sabia, e aprender durante a atividade.
<input type="checkbox"/> Permitiu aprender em grupo, porque discutindo com os colegas, conseguimos entender o que não havíamos compreendido, com a leitura do livro e, ou explicação do professor.
<input type="checkbox"/> Ajudou a aprender, porque o ambiente ficou mais agradável e dinâmico, trocando ideias com os colegas.
<input type="checkbox"/> Ajudou a aprender, porque percebi que os colegas também tinham dúvidas, o que me deixou mais à vontade para apresentar as minhas.
<input type="checkbox"/> Ajudou a aprender, porque ajudei alguns colegas, e explicando o que entendemos, acabamos aprendendo mais.
<input type="checkbox"/> Não foi útil, porque eu já havia entendido o conteúdo; foi repetitivo.
<input type="checkbox"/> Não foi útil, porque aprendo melhor sozinho do que em grupo.
<input type="checkbox"/> Não foi útil, porque nem todos os colegas haviam se preparado.
<input type="checkbox"/> Não foi útil, porque ajudei os colegas, sem alteração no meu aprendizado.
<input type="checkbox"/> Outro motivo:

#### Lição interativa na plataforma *Lt Kuracloud*

Ajudou a entender, compreender o conteúdo (complementou a leitura do livro e, ou explicação do professor).

Ajudou a aprender de fato, por permitir ver o mesmo assunto, de outra forma (solidificou o que eu já tinha compreendido).

Permitiu identificar o que eu não sabia, e aprender durante a atividade.

Ajudou a aprender, porque o ambiente ficou mais agradável e dinâmico, do que nas aulas teóricas.

Não foi útil, porque eu já havia entendido o conteúdo; foi repetitivo.

Outro motivo: \_\_\_\_\_

#### Quiz realizado no aplicativo *Socrative Student*

Ajudou a motivar para responder os testes, e depois de responder, percebi que ajudou a entender melhor o conteúdo.

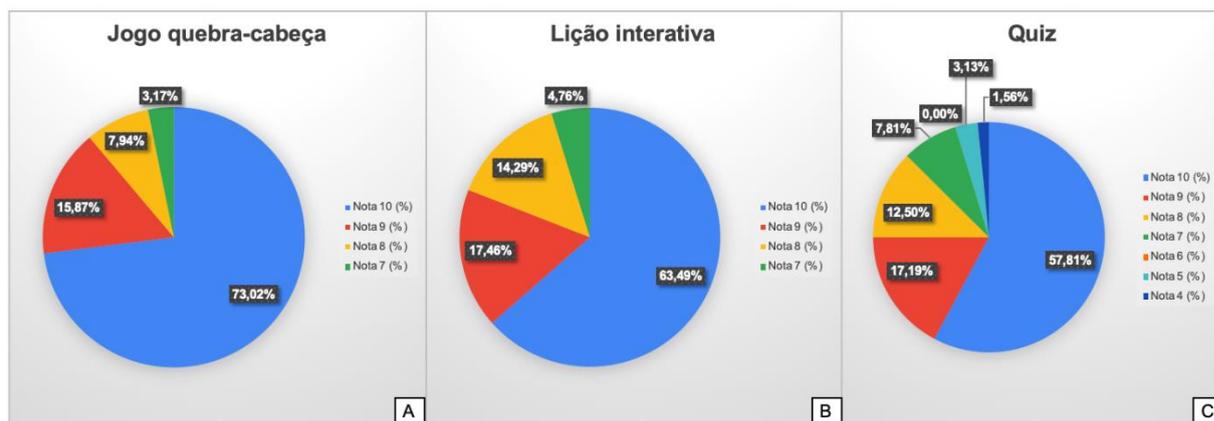
Não foi útil. Não gosto de realizar atividades extras pois ocupam muito tempo, independente de valer nota.

Não foi útil. Não preciso realizar atividades extras pois já aprendi a matéria nas demais atividades. Não preciso de nota pois já tiro notas suficientes para ser aprovado na disciplina.

Outro motivo: \_\_\_\_\_

## RESULTADOS

A Figura 6 ilustra a porcentagem de alunos que atribuíram notas 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 quanto à contribuição do uso do Jogo quebra-cabeça (**Figura 6A**), Lição interativa (**Figura 6B**) e *Quiz* (**Figura 6C**) para o aprendizado sobre regulação hormonal da homeostasia hidroeletrólítica envolvendo correções de osmolaridade e volemia dos líquidos corporais. A média (DP) das notas atribuídas pelos alunos para a contribuição do uso do Jogo quebra-cabeça, Lição interativa e *Quiz* para o aprendizado foi de 9,59(±0,58), 9,49(±0,41) e 9,09(±1,39), respectivamente. As menores notas atribuídas foi de “7” para as atividades utilizando o Jogo e Lição interativa e “4”, para o *Quiz*.



**Figura 6.** Porcentagem das notas atribuídas pelos alunos utilizando uma escala tipo *Likert* quanto à contribuição do jogo educacional do tipo quebra-cabeça (A), uso de lição interativa na plataforma *Lt Kuracloud* (B) e do *quiz* utilizando o aplicativo *Socrative Student* (C) para o aprendizado de controle hidroeletrólítico (n=64).

A **Tabela 1** apresenta as justificativas selecionadas que melhor fundamentaram a escolha das notas atribuídas para o uso do Jogo, Lição Interativa e *Quiz*, incluindo o número de alunos e a respectiva porcentagem de alunos que as assinalaram. A **Tabela 2** apresenta a resposta dos estudantes indicando qual das atividades consideravam ter proporcionado o aprendizado mais significativo. As respostas foram agrupadas em 4 categorias: aula teórica, aula prática com o jogo educacional, lição interativa com o *Lt Kuracloud* e *quiz* com o aplicativo *Socrative Student*.

**Tabela 1.** Justificativas selecionadas pelos discentes que melhor fundamentam a nota atribuída para o uso do Jogo, Lição Interativa com a plataforma *Lt Kuracloud* e *Quiz* no aplicativo *Socrative Student*, incluindo o número de alunos e a respectiva porcentagem de alunos que as assinalaram.

Justificativas dos discentes	N	%
Jogo educacional do tipo quebra-cabeça		
Permitiu identificar o que eu não sabia, e aprender durante a atividade.	48	73,85
Ajudou a entender, compreender o conteúdo (complementou a leitura do livro e, ou explicação do professor)	45	69,23
Ajudou a aprender, porque o ambiente ficou mais agradável e dinâmico, trocando ideias com os colegas.	41	63,08
Ajudou a aprender de fato, por permitir ver o mesmo assunto, de outra forma (solidificou o que eu já tinha compreendido)	41	63,08
Permitiu aprender em grupo, porque discutindo com os colegas, conseguimos entender o que não havíamos compreendido, com a leitura do livro e, ou explicação do professor.	39	60

Ajudou a aprender, porque percebi que os colegas também tinham dúvidas, o que me deixou mais à vontade para apresentar as minhas.	25	38,46
Ajudou a aprender, porque ajudei alguns colegas, e explicando o que entendemos, acabamos aprendendo mais.	21	32,31
Outro motivo: “foi possível colocar teoria em prática diante das situações” “amarrou a atividade com a matéria”	2	3,08
<i>Lição interativa na plataforma Lt Kuracloud</i>		
Ajudou a entender, compreender o conteúdo (complementou a leitura do livro e, ou explicação do professor).	44	67,69
Permitiu identificar o que eu não sabia, e aprender durante a atividade.	41	63,08
Ajudou a aprender de fato, por permitir ver o mesmo assunto, de outra forma (solidificou o que eu já tinha compreendido).	38	58,46
Ajudou a aprender, porque o ambiente ficou mais agradável e dinâmico, do que nas aulas teóricas	14	21,54
Outro motivo: “não precisa tirar nota pela falta da participação” “ver os erros” “apesar de eu não ter feito, ajudou a revisar para a prova”	3	4,62
<i>Quiz no aplicativo Socrative Student</i>		
Ajudou a motivar para responder os testes, e depois de responder, percebi que ajudou a entender melhor o conteúdo.	59	90,77
Não foi útil. Não gosto de realizar atividades extras pois ocupam muito tempo, independente de valer nota.	0	0
Não foi útil. Não preciso realizar atividades extras pois já aprendi a matéria nas demais atividades	0	0
Outro motivo: “não me ajudou tanto a compreender e não foi possível rever as questões” “não dá para conferir respostas” “ajudou, porém poderia ser melhor trabalhado” “faltou disponibilizar resposta para o estudo” “socrative é muito bom” “não gosto da plataforma, valer nota pressiona” “trava demais” “contudo algumas atividades traziam texto muito longos que tornava um pouco cansativo uma atividade que tem o intuito de ser agradável” “só funciona como teste e não conseguimos identificar o erro”	9	13,85

**Tabela 2.** Resposta dos 61\* estudantes indicando com qual(is) estratégia(s) eles aprenderam mais. As respostas foram agrupadas em 4 categorias: aula teórica, aula prática com o jogo educacional, lição interativa com o *Lt Kuracloud* e *quiz* com o aplicativo *Socrative Student*, incluindo o número de alunos e a respectiva porcentagem de alunos que as indicaram.

<b>Metodologias de ensino indicadas pelos discentes**</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Aula teórica	13	21,31
Aula prática com o jogo educacional	38	62,29
Lição interativa com o <i>Lt Kuracloud</i>	30	49,18
<i>Quiz</i> com o aplicativo <i>Socrative Student</i>	15	24,59

\* Apenas 61 estudantes responderam essa questão. \*\* Mais de uma metodologia poderia ser indicada.

## DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que o uso de diferentes metodologias ativas envolvendo o uso de jogo educacional tipo quebra-cabeça, em conjunto com atividades online como lição interativa e *quiz*, no ensino de regulação hormonal da homeostasia hidroeletrolítica envolvendo correções de osmolaridade e volemia dos líquidos corporais sugere uma contribuição para melhorar o aprendizado, na opinião de estudantes de Odontologia na UNICAMP. Esses resultados são semelhantes a estudos prévios que utilizaram jogos educacionais no ensino de fisiologia cardíaca (8), de contração muscular (13), potencial de membrana (12), osmolaridade e tonicidade (37) assim como utilizando quebra-cabeça para o ensino de potencial de membrana (38).

De fato, já é conhecido a capacidade dos jogos educacionais em promover a aprendizagem colaborativa, com envolvimento e interação entre os estudantes, exigindo conhecimento prévio de conceitos necessários para a realização da atividade (39). No presente estudo, os estudantes reportaram que a realização da atividade com o jogo ajuda identificar o que ainda não haviam compreendido, que a atividade contribuiu para complementar o aprendizado adquirido com a aula teórica e leitura do livro, e que a realização da atividade em grupo melhorou o aprendizado, além do ambiente ser mais dinâmico e agradável, corroborando os achados anteriores (12, 38).

De maneira semelhante, ambas atividades online realizadas, seja no formato de lição interativa, quanto no formato de *quiz* em aplicativo, foram consideradas pelos estudantes como estratégias capazes de melhorar o aprendizado, complementando a aula teórica. Segundo Guarascio e colaboradores em 2017, o uso de tecnologias digitais facilita a aprendizagem por

ser centrada no estudante, ou seja, coloca o aluno como protagonista do seu processo de ensino aprendizagem (20).

É relevante ressaltar que a combinação das metodologias ativas empregadas neste estudo permitiu a abordagem do mesmo conteúdo por diferentes perspectivas, uma prática que, conforme já mencionado por Machado e colaboradores, pode favorecer para a consolidação da memória (12). Essa constatação foi frequentemente mencionada pelos estudantes, reforçando esses achados.

Considerando que trabalhos ressaltam a dificuldade de implementar mudanças instrucionais nas salas de aula universitárias (40), a estratégia de primeiramente, variar e diversificar ferramentas de ensino parece agradar os estudantes conforme dados expostos.

Especificamente em relação ao uso de lição interativa online na plataforma *Lt Kuracloud*, nosso estudo evidenciou que, conforme a percepção dos estudantes, essa metodologia contribuiu para o aprendizado do conteúdo do controle hidroeletrolítico. Quase 81% dos estudantes avaliaram positivamente o método, atribuindo notas 9 ou 10. Esses achados eram esperados, considerando a eficácia desta tecnologia em aprimorar a compreensão de diversos tópicos de patofisiologia e diferentes sistemas de fisiologia humana, ministrados tanto no formato online assíncrono quanto síncrono, durante a pandemia do COVID-19 (28, 29). Destaca-se que, no presente estudo, essa metodologia foi utilizada de forma complementar às atividades presenciais realizadas, diferente dos estudos que utilizaram a plataforma como uma adaptação para o ensino à distância, necessário durante a pandemia. Inclusive, o uso de metodologias ativas de ensino já demonstrou ser eficaz em melhorar o aprendizado quando utilizado de forma complementar ao ensino teórico tradicional de diferentes temas em fisiologia (8, 12, 13, 37, 38).

Assim como no uso da lição interativa, 90% dos alunos julgaram que a realização de *quiz* pelo aplicativo *Socrative Student* ajudou a compreender melhor o assunto após a resolução dos testes. Para esta metodologia, 65 % dos estudantes atribuíram nota 9 ou 10 na escala. Esses resultados corroboram estudos anteriores que demonstraram que o método foi eficiente tanto em promover melhor aprendizado de fisiologia, quanto melhorar o engajamento dos estudantes de cursos como biologia, farmácia e medicina (19-26). Segundo Barsaoui & Riahi em 2021, essa ferramenta apresenta como característica a interatividade e *feedback* instantâneo para o aluno, assegurando um papel ativo na construção do aprendizado de estudantes do ensino superior, possivelmente explicando as justificativas apresentadas pelos alunos no presente estudo (19)

Embora o presente estudo não tenha avaliado ganho cognitivo adquirido com o uso das diferentes metodologias ativas de ensino, os estudantes, de forma unânime, reconheceram a relevância de todas essas abordagens para a compreensão do conteúdo. Inclusive todas as estratégias de ensino, ao menos uma vez, foram citadas no questionário como relevantes, sendo a preferência pelos jogos educacionais, nessa turma de primeiro ano de odontologia de 2022. Esta percepção foi constatada em cada metodologia ativa avaliada, indicando que, de maneira complementar à leitura do livro e à explicação do professor, a combinação dessas estratégias sugere desempenhar um papel importante na facilitação do aprendizado.

Assim, podemos concluir que a combinação de variadas metodologias ativas empregadas (jogo educacional, lição interativa e *quiz*) sugerem contribuir para o aprendizado de fisiologia do controle hidroeletrólítico entre os estudantes do curso de Odontologia na UNICAMP, do ano de 2022.

## DATA AVAILABILITY

The data presented in this study are available from the authors on request.

## SUPPLEMENTAL MATERIAL

Substância	Local de Produção	Controle da secreção (estímulo)	Processo Fisiológico desencadeado	Local de ação no néfron
<b>Vasopressina (ADH)</b>	<b>Hipotálamo e liberado pela neuro-hipófise</b>	↑osmolaridade ↓ volume (↓ estiramento atrial) ↓ PA (barorreceptores) Angiotensina II	↑ Reabsorção de água	Final do túbulo distal e ducto coletor
<b>Renina</b>	<b>Células granulares</b>	↓ PA (SRA): 1)céls gran. sensíveis à PA; 2)estim. simpática direta; 3)feedback tubuloglomerular (↓ [Na+] na mácula densa) =↑renina	Converte angiotensinogênio em angiotensina I	-----
<b>Angiotensina II</b>	<b>ECA (parede dos vasos-Renina)</b>	↓ PA (SRA): 1)céls gran. sensíveis à PA; 2)estim. simpática direta; 3)feedback tubuloglomerular (↓ [Na+] na mácula densa) =↑renina	↑ Reabsorção de Na+	Túbulo proximal (água por osmose)
<b>Aldosterona</b>	<b>Córtex da supra renal (Zona glomerulosa)</b>	↓ PA (Renina) -Ang II ↑ [K+] ↓ osmolaridade ↓[Na+] Obs: ↑osmolaridade inibe a secreção	↑ Reab. Na+ Secreção de K+	Final do túbulo distal e ducto coletor
<b>Adrenalina</b>	<b>Medula suprarrenal</b>	↓ volemia e PA	↑ Reab. Na+ e água (osmose) VC arteríolas renais: ↓TFG ↑ liberação de renina (céls. Granulares)	Em todo o néfron
<b>Natriurético atrial</b>	<b>Céls miocárdio dos átrios</b>	↑ volume e PA (estiramento atrial)	↑TFG (VD aa e VC ae), ↓ liberação renina ↓Reab. Na+ e água* ↓ liberação ADH	Final do túbulo distal e ducto coletor

Figura S1. Montagem correta da Etapa 1

I SITUAÇÃO	II ALTERAÇÃO DESENCADEADA	III MECANISMOS COMPENSATÓRIOS		RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS
		HORMÔNIO(S) LIBERADO(S)		
<i>Ingestão de salina isotônica</i>	↑ VOLEMIA = OSMOLARIDADE	Natriurético atrial	↓ ADH	-----
<i>Ingestão de salina hipertônica</i>	↑ VOLEMIA ↑ OSMOLARIDADE	Natriurético atrial	↑ ADH	Sede
<i>Beber muita água</i>	↑ VOLEMIA ↓ OSMOLARIDADE	Natriurético atrial	Aldosterona ↓ ADH	Apetite por sal
<i>Ingerir sal sem água</i>	= VOLEMIA ↑ OSMOLARIDADE	↑ ADH		Sede
<i>Hemorragia</i>	↓ VOLEMIA = OSMOLARIDADE	Angiotensina II Adrenalina	Aldosterona ↑ ADH	Sede
<i>Desidratação severa por suor ou diarreia</i>	↓ VOLEMIA ↑ OSMOLARIDADE	Angiotensina II Adrenalina	↑ ADH	Sede
<i>Compensação completa da desidratação severa com água</i>	= VOLEMIA ↓ OSMOLARIDADE	Aldosterona	↓ ADH	Apetite por sal

Figura S2. Montagem correta da Etapa 2

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank the PhD students Thomas Barbin and Aylla Mesquita Pestana for their assistance in capturing images from the classes and handling the perception forms, respectively.

## DISCLOSURES

The authors declare no conflict of interest.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Bárbara Fortunato Prohmann - Investigation, Writing - Original Draft, Visualization, Data Curation

Fernanda Klein Marcondes - Conceptualization, Review & Editing

Michelle Franz-Montan - Conceptualization, Resources, Writing - Review & Editing, Supervision, Project administration

## REFERENCES

1. **Lee JJ, and Hammer J.** Gamification in education: What, how, why bother? *Academic exchange quarterly* 15: 146, 2011.
2. **Reis C, Martins MdM, Mendes RAF, Gonçalves LB, Sampaio Filho HC, Morais MR, Oliveira SEB, and Guimarães ALS.** Evaluation of how medical students perceive anatomical study. *Revista Brasileira de Educação Médica* 37: 350-358, 2013.
3. **Berbel NAN.** As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas* 32: 25-40, 2011.
4. **Borges TS, and Alencar G.** 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* 3: 119-143, 2014.
5. **Koehler SMF.** Inovação Didática-Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com “peer instruction”. *Janus* 9: 2012.
6. **de Freitas Lima L, Moreira OC, and Castro EF.** Novos olhares sobre o ensino da fisiologia humana e da fisiologia do exercício. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)* 8: 10, 2014.
7. **Cortelazzo AL, Piva Jr D, and Rodrigues MRJB.** Experimentação na educação: metodologias ativas de aprendizagem. *Revista Metodologias Ativas e Tecnologias Educacionais (ReMATE)* 2: 2021.
8. **Marcondes FK, Moura MJ, Sanches A, Costa R, de Lima PO, Groppo FC, Amaral ME, Zeni P, Gavião KC, and Montrezor LH.** A puzzle used to teach the cardiac cycle. *Advances in physiology education* 39: 27-31, 2015.
9. **Marcondes F, Cardozo L, and Azevedo M.** Estratégias ativas de ensino e avaliações formativas no ensino superior. *Costa G Metodologias ativas—métodos e práticas para o século XXI Ied Quirinópolis—GO Editora IGM* 325-338, 2020.
10. **Cardozo LT, Miranda AS, Moura MJCS, and Marcondes FK.** Effect of a puzzle on the process of students' learning about cardiac physiology. *Advances in physiology education* 40: 425-431, 2016.
11. **Luchi KCG, Montrezor LH, and Marcondes FK.** Effect of an educational game on university students' learning about action potentials. *Advances in physiology education* 41: 222-230, 2017.
12. **Machado RS, Oliveira I, Ferreira I, das Neves B-HS, and Mello-Carpes PB.** The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. *Advances in physiology education* 42: 79-83, 2018.
13. **Luchi KCG, Cardozo LT, and Marcondes FK.** Increased learning by using board game on muscular system physiology compared with guided study. *Advances in physiology education* 43: 149-154, 2019.
14. **Cardozo LT, Castro AP, Guimarães AF, Gutierrez LLP, Montrezor LH, and Marcondes FK.** Integrating synapse, muscle contraction, and autonomic nervous system game: effect on learning and evaluation of students' opinions. *Advances in Physiology Education* 44: 153-162, 2020.
15. **Figueiredo M, Paz TSd, and Junqueira ES.** Gamificação e educação: um estado da arte das pesquisas realizadas no Brasil. 2015.
16. **Wash PD.** Taking advantage of mobile devices: Using Socrative in the classroom. *The Journal of Teaching and Learning* 3: 99-101, 2014.
17. **Venturino PLP, Schmidt TCG, and Santos CF.** Kahoot! Como ferramenta de revisão de conteúdo em neurociências/Kahoot! As a tool for content review in neuroscience. *Brazilian Journal of Development* 5: 7586-7596, 2019.

18. **de Souza Oliveira E, Silvestre JVC, de Souza DEM, and de Moraes ACLN.** A utilização do socrative como uma alternativa pedagógica para a realização do team-based learning (TBL) em sala de aula. *Research, Society and Development* 9: e33953149-e33953149, 2020.
19. **Barsaoui M, and Riahi H.** Socrative as a tool for increasing students learning. *La Tunisie Medicale* 99: 399-403, 2021.
20. **Guarascio AJ, Nemecek BD, and Zimmerman DE.** Evaluation of students' perceptions of the Socrative application versus a traditional student response system and its impact on classroom engagement. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* 9: 808-812, 2017.
21. **Al Sunni A, and Latif R.** Determining the effectiveness of a cell phone-based student response system. *Journal of Taibah University Medical Sciences* 15: 59-65, 2020.
22. **Grzych G, and Schraen-Maschke S.** Interactive pedagogic tools: evaluation of three assessment systems in medical education. In: *Annales de Biologie Clinique* 2019.
23. **Munusamy S, Osman A, Riaz S, Ali S, and Mraiche F.** The use of Socrative and Yammer online tools to promote interactive learning in pharmacy education. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* 11: 76-80, 2019.
24. **Kim K-J.** Enhancing students' active learning and self-efficacy using mobile technology in medical English classes. *Korean journal of medical education* 31: 51, 2019.
25. **Rae MG, and O'Malley D.** Using an online student response system, Socrative, to facilitate active learning of Physiology by first year graduate entry to medicine students: a feasibility study. *MedEdPublish* 6: 4, 2017.
26. **Kaya A, and Balta N.** Taking advantages of technologies: using the Socrative in English language teaching classes. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies* 2: 4-12, 2016.
27. **Satrio KB, Solehuddin M, and Saripah I.** What generation Z needs in education: A survey. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Frontiers of Educational Technologies* 2020, p. 30-33.
28. **Halpin PA.** Redesigning a face-to-face course to an asynchronous online format: a look at teaching pathophysiology with software that enhances student engagement. *Advances in Physiology Education* 46: 339-344, 2022.
29. **Lima KR, das Neves B-HS, Ramires CC, dos Santos Soares M, Martini VÁ, Lopes LF, and Mello-Carpes PB.** Student assessment of online tools to foster engagement during the COVID-19 quarantine. *Advances in physiology education* 44: 679-683, 2020.
30. **Izquierdo I, Barros DM, Mello e Souza T, de Souza MM, Izquierdo LA, and Medina JH.** Mechanisms for memory types differ. *Nature* 393: 635-636, 1998.
31. **Marcondes F, Cardozo L, and Azevedo M.** Metodologias ativas no ensino superior: o que o professor deve saber para que não seja um modismo. *PV Santos Metodologias ativas-Modismo ou Inovação* 175-189, 2021.
32. **Montrezor L.** The synaptic challenge. *Advances in physiology education* 2014.
33. **Nasre-Nasser RG, Oliveira GAd, Marques Ribeiro MF, and Arbo BD.** Behind teaching-learning strategies in physiology: perceptions of students and teachers of Brazilian medical courses. *Advances in Physiology Education* 46: 98-108, 2022.
34. **Relvas MP.** *Neurociência na prática pedagógica*. Digitaliza Conteúdo, 2023.
35. **Cortelazzo AL, de Souza Fiala DA, Junior DP, Panisson L, and Rodrigues MRJB.** *Metodologias ativas e personalizadas de aprendizagem*. Alta Books Editora, 2019.
36. **Fragelli RR.** Three hundred:: active and collaborative learning as an alternative to the problem of test anxiety. *Revista Gestão & Saúde* 2015.

37. **Pessoa PT, Palanch AC, Casale KR, Montrezor LH, Taxini CL, Azevedo MA, and Marcondes FK.** An educational game for teaching osmolarity and tonicity: opinions of dental and medical students. *Advances in Physiology Education* 47: 557-561, 2023.
38. **Rodenbaugh HR, Lujan HL, Rodenbaugh DW, and DiCarlo SE.** Having fun and accepting challenges are natural instincts: jigsaw puzzles to challenge students and test their abilities while having fun! *Advances in physiology education* 38: 185-186, 2014.
39. **Bonwell CC, and Eison JA.** *Active learning: Creating excitement in the classroom.* 1991 ASHE-ERIC higher education reports. ERIC, 1991.
40. **Silverthorn DU, Thorn PM, and Svinicki MD.** It's difficult to change the way we teach: lessons from the Integrative Themes in Physiology curriculum module project. *Advances in physiology Education* 30: 204-214, 2006.

### 3. DISCUSSÃO

No nosso estudo foi o pioneiro em demonstrar a descrição de dois jogos educacionais do tipo quebra-cabeça, destacando sua aplicação no ensino de Fisiologia Renal para estudantes do curso de Odontologia da UNICAMP. Os jogos foram desenvolvidos para o ensino dos tópicos de Filtração Glomerular e Controle Hidroeletrólítico, incluindo sua regulação hormonal. No presente estudo, evidenciamos a contribuição dos jogos desenvolvidos para aprimorar o processo de aprendizado, conforme a percepção dos alunos.

Além da abordagem pedagógica utilizando a gamificação, o presente estudo também avaliou a combinação de outras estratégias ativas, envolvendo uso de lições interativas e *quiz* em aplicativo gratuito realizados online. De uma forma geral, todas as metodologias ativas empregadas na disciplina avaliadas pelos estudantes contribuíram para o aprendizado de Fisiologia Renal durante o primeiro ano do curso de graduação em Odontologia da UNICAMP do ano de 2022.

A implementação de novas estratégias de ensino na educação superior frequentemente encontra obstáculos tanto da parte dos docentes como dos estudantes. No entanto, diante das dificuldades enfrentadas pelos alunos em assimilar conceitos cruciais para cursos na área da saúde, como a fisiologia do sistema renal, a adoção de métodos ativos revela-se como uma opção atraente tanto para os docentes quanto para os estudantes. Essas abordagens demonstraram ser capazes de aprimorar a compreensão do conteúdo, consolidar o conhecimento e estimular o pensamento crítico entre os estudantes envolvidos nessas atividades (Prince, 2004; Rodenbaugh et al., 2014). De maneira semelhante, as metodologias ativas descritas nesta dissertação foram avaliadas pelos estudantes como estratégias que facilitaram o aprendizado.

O emprego dos dois jogos educacionais do tipo quebra-cabeças contribuiu para o aprendizado, uma vez que, de acordo com os relatos dos alunos, a visualização do conteúdo por meio de diferentes abordagens possibilitou a complementação da compreensão dos temas. Além disso, a capacidade de abordar dúvidas e esclarecer conceitos não compreendidos estimulou discussões entre os colegas, promovendo um ambiente de aprendizado colaborativo em grupo. Alguns estudos prévios corroboraram essas características ao analisar a utilização de jogos educacionais do tipo quebra-cabeça, especialmente quando empregados como complemento à aula teórica e/ou à leitura de livro-texto (Odenweller et al., 1998; Pierce et al., 2012; Marcondes et al., 2015; Marcondes et al., 2019).

A inclusão dos jogos na sequência das aulas teóricas teve como objetivo abordar os conceitos mais complexos dentro dos tópicos de fisiologia renal, os quais são desafiadores de

serem aprendidos apenas por meio de aulas teóricas. Essa abordagem visou proporcionar aos estudantes um envolvimento na temática, criando motivação para o aprendizado. Essa estratégia, que já vem sendo adotada por outros docentes na disciplina (Marcondes et al., 2019), busca enfrentar as dificuldades de ensino aos estudantes atuais (Nasre-Nasser et al., 2022). Adicionalmente, a idealização da atividade prática em grupo foi motivada pela intenção de estimular a aprendizagem colaborativa, onde os alunos trabalham em grupo com um objetivo em comum, conforme proposto por Prince (Prince, 2004).

É importante destacar que a formação dos grupos para realização da prática com os dois jogos educacionais seguiu a metodologia “dos trezentos” (Fragelli, 2019). Essa abordagem envolveu a inclusão de membros com diferentes níveis de desempenho na disciplina, sem se basear em afinidades pessoais. O propósito desta escolha foi promover o desenvolvimento de habilidades fundamentais como comunicação, argumentação e pensamento crítico, conforme proposto previamente (Bollela et al., 2014). É notável que essas estratégias alcançaram os objetivos estabelecidos, uma vez que os próprios estudantes reconheceram que perceber as dúvidas dos colegas e participar de discussões, além da oportunidade de explicar conceitos aos colegas, contribuiu para o aprendizado, conforme já demonstrado anteriormente (Caveião et al., 2018).

Considerando as estratégias de ensino digitais avaliadas no artigo 2 dessa dissertação, é esperado que haja interesse no aprendizado online, contanto que não seja monótono, conforme previamente relatado (Kunto et al., 2020). No presente estudo, a realização individual de lições interativas na plataforma *Lt Kuracloud (ADInstruments)* e o uso de quiz utilizando o aplicativo gratuito *Socrative Student*, foram considerados pelos estudantes como estratégias eficazes para melhorar o aprendizado. Essas metodologias ativas revelaram-se importantes para o aprendizado pois permitiram aos estudantes revisar o conteúdo previamente apresentado, complementando a instrução teórica e a leitura do livro-texto. Além disso, proporcionaram uma abordagem alternativa ao tema, contribuindo para um melhor aprendizado, enquanto facilitavam a identificação de dúvidas, corroborando com estudos prévios.

Ambas estratégias já demonstraram ser eficazes para compreensão do conteúdo, promovendo maior envolvimento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem (Halpin, 2022). Adicionalmente, foi observada uma preferência pelo uso da plataforma *Lt Kuracloud* dentre outras plataformas interativas (Lima et al., 2020). Em concordância, mais de 90% dos alunos do presente estudo considerou, que o uso do aplicativo para realização de *quiz* permitiu reconhecer que, após responder as questões, eles haviam compreendido melhor o assunto.

Embora o ganho cognitivo não tenha sido diretamente mensurado nos estudos que desta dissertação, outros estudos sugerem uma melhora do aprendizado na educação superior com o uso do aplicativo *Socrative Student* (Kaya e Balta, 2016; Rae e O'Malley, 2017).

Diante dos resultados promissores descritos nos artigos 1 e 2 desta dissertação, futuras pesquisas deverão ser direcionadas a fim de se mensurar o ganho cognitivo associado a cada metodologia ativa empregada, bem como à análise de sua eficácia quando combinadas. Essas etapas são cruciais para evidenciar de maneira conclusiva a efetividade e a necessidade real dessas mudanças no contexto da educação superior.

Além disso, como perspectiva futura, a avaliação da capacidade de consolidação dos conteúdos aprendidos com essas metodologias a longo prazo é imperativa. Tal análise contribuirá significativamente para reforçar a compreensão da contribuição contínua e duradoura das metodologias ativas no processo de aprendizagem. Essas investigações mais aprofundadas são fundamentais para embasar de maneira sólida a implementação e a sustentabilidade dessas abordagens inovadoras no cenário da educação superior.

#### 4. CONCLUSÃO

O uso de metodologias ativas envolvendo jogos educacionais do tipo quebra-cabeças em combinação com atividades em plataformas digitais na forma de lição interativa com a plataforma *Lt Kuracloud* e quiz com o aplicativo *Socrative Student* realizados em combinação com aulas teóricas expositivas sugere contribuir para o aprendizado de diferentes temas em fisiologia renal na opinião dos estudantes do 2º semestre do curso de Odontologia da Universidade Estadual de Campinas, do ano de 2022.

**REFERÊNCIA \***

1. Berbel NAN. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, n. 1, p. 25–40, 20 nov. 2011. 25
2. Bhaskar A, Oommen V. A simple model for demonstrating the factors affecting glomerular filtration rate. *Adv Physiol Educ*. 2018 Jun 1;42(2):380-382. doi: 10.1152/advan.00195.2017.
3. Bollela VR, Senger MH, Tourinho, FSV, Amaral E. Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina (Ribeirão Preto. Online)* 2014; 47(3): 293-300..
4. Borges TS, Alencar G. Metodologias ativas na promoção crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu*, p. 119–143, 2014.
5. Cardozo LT, Azevedo MAR, Carvalho MSM, Costa R, de Lima PO, Marcondes FK. Effect of an active learning methodology combined with formative assessments on performance, test anxiety, and stress of university students. *Adv Physiol Educ*. 2020 Dec 1;44(4):744-751. doi: 10.1152/advan.00075.2020.
6. Cardozo LT, Castro AP, Guimarães AF, Gutierrez LLP, Montrezor LH, Marcondes FK. Integrating synapse, muscle contraction, and autonomic nervous system game: effect on learning and evaluation of students' opinions. *Adv Physiol Educ*. 2020 Jun 1;44(2):153-162. doi: 10.1152/advan.00169.2019.
7. Cardozo LT, Miranda AS, Moura MJ, Marcondes FK. Effect of a puzzle on the process of students' learning about cardiac physiology. *Adv Physiol Educ*. 2016 Sep;40(3):425-31. doi: 10.1152/advan.00043.2016.
8. Cardozo, LT; Sarinho, VT.; Montrezor, LH.; Gutierrez, LLP.; Granjeiro, EM.; Marcondes, F K. Cardiac Cycle Puzzle: Development and Analysis of Students' Perception of an Online Digital Version for Teaching Cardiac Physiology. *Journal on Interactive Systems*, Porto Alegre, RS, v. 12, n. 1, p. 21–34, 2021. DOI: 10.5753/jis.2021.1879.
9. Cardozo LT, de Lima PO, Carvalho MSM, Casale KR, Bettioli AL, de Azevedo MAR, Marcondes FK. Active learning methodology, associated to formative assessment, improved cardiac physiology knowledge and decreased pre-test stress and anxiety. *Front Physiol*. 2023 Sep 6;14:1261199. doi: 10.3389/fphys.2023.1261199.

---

\* De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

10. Caveião C., Peres AM, Zagonel IPS, Amestoy SC, Meier MJ (2018). Tendências e estratégias de ensino-aprendizagem utilizadas no desenvolvimento da liderança do enfermeiro . *Rev. Brás. Enferm.* 71 ( 4 ), 1531–1539. 10.1590/0034-7167-2017-0455
11. Cortelazzo AL, Fiala DAS, Piva Jr D et al. (Orgs) Metodologias ativas e personalizadas de aprendizagem para refinar seu cardápio metodológico. Ed. Alta Books. Rio de Janeiro RJ. 2018.
12. Fragelli, R. (2018). *Método trezentos: Aprendizagem ativa e colaborativa, para além do conteúdo*. Penso Editora.
13. Halpin PA. Redesigning a face-to-face course to an asynchronous online format: a look at teaching pathophysiology with software that enhances student engagement. *Adv Physiol Educ.* 2022 Jun 1;46(2):339-344. doi: 10.1152/advan.00031.2022.
14. Izquierdo I, Barros DM, Mello e Souza T, de Souza MM, Izquierdo LA, Medina JH. Mechanisms for memory types differ. *Nature* 393: 635–636, 1998. doi:10.1038/31371
15. Janssen HF. Teaching renal physiology concepts using a problem solving approach. *Annals of the New York Academy of Sciences* 701: 116-119, 1993.
16. Jha V, Garcia-Garcia G, Iseki K, Li Z, Naicker S, Plattner B, Saran R, Wang AY-M, and Yang C-W. Chronic kidney disease: global dimension and perspectives. *The Lancet* 382: 260-272, 2013.
17. Kaya A & Balta N. Taking Advantages of Technologies: Using the Socratic in English Language Teaching Classes. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies.* 2. [4-12].2016.
18. Lee JJ, Hammer J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Joey. Academic Exchange Quarterly*, v. 15, n. 2, p. 146, 2011.
19. Lima KR, das Neves BS, Ramires CC, Dos Santos Soares M, Martini VÁ, Lopes LF, Mello-Carpes PB. Student assessment of online tools to foster engagement during the COVID-19 quarantine. *Adv Physiol Educ.* 2020 Dec 1;44(4):679-683. doi: 10.1152/advan.00131.2020.
20. Lima LF, Moreira OC, Castro EF. Novos olhares sobre o ensino da fisiologia humana e da fisiologia do exercício. *RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 8, n. 47, 2014. 26
21. Luchi KC, Montrezor LH, Marcondes FK. Effect of an educational game on university students' learning about action potentials. *Adv Physiol Educ.* 2017 Jun 1;41(2):222-230. doi: 10.1152/advan.00146.2016.

22. Luchi KCG, Cardozo LT, Marcondes FK. Increased learning by using board game on muscular system physiology compared with guided study. *Adv Physiol Educ.* 2019 Jun 1;43(2):149-154. doi: 10.1152/advan.00165.2018.
23. Marcondes FK, Amaral MEC. Entendendo a fisiologia do coração por meio de um quebra-cabeças. In: Carlos Eduardo Signorini, Olavo Raymundo Jr., Roselaine Ripa. *Práticas Pedagógicas no Ensino Superior.* Ed. Fundação Hermínio Ometto – UNIARARAS. 2014.
24. Marcondes FK, Cardozo LT, Azevedo MAR. Estratégias ativas de ensino e avaliações formativas no ensino superior. In: Costa G. *Metodologias ativas – métodos e práticas para o século XXI.* 1ed. Quirinópolis – GO. Editora IGM. p. 325-338, 2020.
25. Marcondes FK, Moura MJ, Sanches A, Costa R, de Lima PO, Groppo FC, Amaral ME, Zeni P, Gavião KC, Montezor LH. A puzzle used to teach the cardiac cycle. *Adv Physiol Educ.* 2015 Mar;39(1):27-31. doi: 10.1152/advan.00116.2014.
26. Mazur E. *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa.* Porto Alegre-RS: Penso, 2015.
27. Michael D, Chen S. *Serious games: games that educate, train and inform.* Boston: Thomson Course Technology.2006.
28. Michael J. What makes physiology hard for students to learn? Results of a faculty survey. *Adv Physiol Educ.* 2007 Mar;31(1):34-40. doi: 10.1152/advan.00057.2006.
29. Munir MT, Baroutiana S, Younga BR, Carter S. Flipped classroom with cooperative learning as a cornerstone. *Education for Chemical Engineers*, V 23, p. 25 33, 2018.
30. Nasre-nasser RG, Oliveira GA, Marques Ribeiro MF, Arbo BD. Behind teaching-learning strategies in physiology: perceptions of students and teachers of Brazilian medical courses. *Adv Physiol Educ.* 2022 Mar 1;46(1):98-108. doi: 10.1152/advan.00134.2021.
31. Odenweller CM, Hsu CT, DiCarlo SE. Educational card games for understanding gastrointestinal physiology. *Advances in Physiology Education* 275: S78, 1998.
32. Oliveira BLCA de, Lima SF, Rodrigues L dos S, Pereira Júnior GA. Team-Based Learning como Forma de Aprendizagem Colaborativa e Sala de Aula Invertida com Centralidade nos Estudantes no Processo Ensino-Aprendizagem. *Rev bras educ med [Internet].* 2018Oct;42(4):86–95.
33. Pierce R, Fox J. Vodcasts and active-learning exercises in a “flipped classroom” model of a renal pharmacotherapy module. *American journal of pharmaceutical education* 76: 2012.

34. Pinto ASS, Bueno MRP, Silva MAFA, Sellman MZ, Koehler SMF. Inovação Didática - Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com “peer instruction”. *Janus*, n. 15, 2012.
35. Prince M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93, 223-231.2004.<http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
36. Rae MG, O'Malley D. Using an online student response system, Socrative, to facilitate active learning of Physiology by first year graduate entry to medicine students: a feasibility study 2017, 6:4 <https://doi.org/10.15694/mep.2017.000004>.
37. Reis C, Martins MDM, Mendes RAF, Gonçalves LB, Sampaio Filho HC, Morais M R, Guimarães ALS. Evaluation of how medical students perceive anatomical study. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 2013,37, 350-358.
38. Relvas MP. Neurociência na prática pedagógica. Rio de Janeiro, RJ:Wak. 2012.
39. Rodenbaugh HR, Lujan HL, Rodenbaugh DW, and DiCarlo SE. Having fun and accepting challenges are natural instincts: jigsaw puzzles to challenge students and test their abilities while having fun! *Advances in physiology education* 38: 185-186, 2014.
40. Schneider MV, Jimenez RC. Teaching the fundamentals of biological data integration using classroom games. *PLoS Comput Biol*. 2012;8(12): e1002789. doi:10.1371/journal.pcbi.1002789.
41. Sosa PM, Gonçalves R, Carpes FP, Mello-Carpes PB. Active memory reactivation previous to the introduction of a new related content improves students' learning. *Adv Physiol Educ*. 2018 Mar 1;42(1):75-78. doi: 10.1152/advan.00077.2017.

## ANEXOS

### Anexo I. Comprovante de Submissão do Artigo

E-mail de Unicamp - ADV-00038-2024 Manuscript Received

16/02/2024 08:55



Michelle Franz Montan Braga Leite <mfranz@unicamp.br>

---

#### ADV-00038-2024 Manuscript Received

1 mensagem

---

**advances@msubmit.net** <advances@msubmit.net>

16 de fevereiro de 2024 às 07:02

Responder a: [advances@physiology.org](mailto:advances@physiology.org)

Para: [mfranz@unicamp.br](mailto:mfranz@unicamp.br)

Dear Prof. Franz-Montan:

On 16th Feb 2024, the manuscript record, ADV-00038-2024, entitled "Educational game as a complement to learning about glomerular function physiology." by Bárbara Prohmann, Fernanda Marcondes, and Michelle Franz-Montan has been sent to the Editor-in Chief for assignment.

The manuscript type is Teaching Innovations.

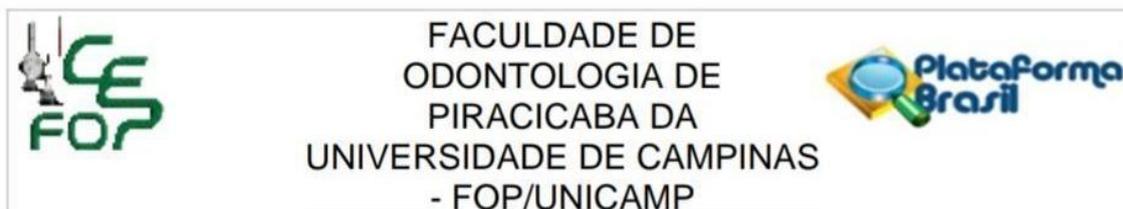
If any author has not seen this work, or was not aware of the submission, please contact Iliana Torres in the APS office, [itorres@physiology.org](mailto:itorres@physiology.org).

Thank you for submitting to the journal.

Editorial Staff

Confidentiality Notice: This e-mail message, including any attachments, is for the sole use of the intended recipient(s) and may contain confidential and privileged information. Any unauthorized review, copying, use, disclosure, or distribution is prohibited. If you are not the intended recipient, please contact the sender by reply e-mail and destroy all copies of the original message.

## Anexo II. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DISCENTE SOBRE O USO DE METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FISIOLOGIA

**Pesquisador:** Fernanda Klein Marcondes

**Área Temática:**

**Versão:** 12

**CAAE:** 42980515.0.0000.5418

**Instituição Proponente:** Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.294.279

#### Apresentação do Projeto:

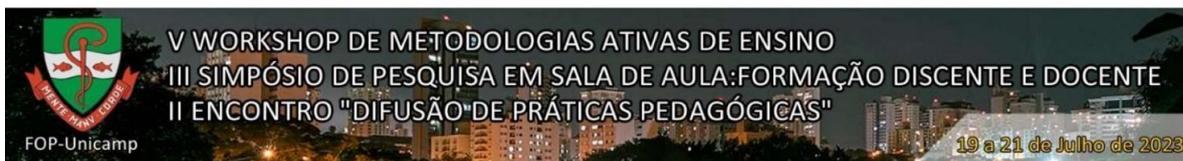
O parecer inicial é elaborado com base na transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo na Plataforma Brasil e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil. Os pareceres de retorno, emendas e notificações são elaborados a partir dos dados e arquivos da última versão apresentada.

Trata-se de SOLICITAÇÃO DE EMENDA (E7) para protocolo originalmente aprovado em 01/04/2015, emendado em 29/06/2016 (E1), em 30/08/2017 (E2), em 06/05/2019 (E3), em 25/09/2019 (E4), em 12/07/2020 (E5) e em 15/12/2020 (E6), para incluir novos pesquisadores, aumento do número amostral, inclusão de novas metodologias, novos objetivos secundários, extensão do cronograma e alteração consequencial do modelo de TCLE. O texto do parecer foi atualizado conforme a documentação apresentada. A descrição detalhada da solicitação está ao final do parecer.

A EQUIPE DE PESQUISA citada na capa do projeto de pesquisa, em ordem alfabética, exceto pesquisador responsável, inclui FERNANDA KLEIN MARCONDES (Bióloga, Docente no Departamento de Biociências da FOP-UNICAMP, Pesquisadora responsável), ADRIANNE CHRISTINE PALANCH

**Endereço:** Av.Limeira 901 Caixa Postal 52, Prédio Administrativo, Segundo Piso, Setor de Secretarias de Ensino  
**Bairro:** Areião **CEP:** 13.414-903  
**UF:** SP **Município:** PIRACICABA  
**Telefone:** (19)2106-5349 **Fax:** (19)2106-5349 **E-mail:** cep@unicamp.br

### Anexo III. Menção Honrosa



#### Menção honrosa – Pôster categoria Pesquisa

Certifico que **Bárbara Fortunato Prohmann** recebeu o menção honrosa pela apresentação do trabalho JOGOS EDUCACIONAIS NO ENSINO DE FISIOLOGIA RENAL PARA DISCENTES DE ODONTOLOGIA , de autoria de Prohmann BF, Marcondes FK e Leite MFMB, no V WORKSHOP DE METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO / III SIMPÓSIO DE PESQUISA EM SALA DE AULA: FORMAÇÃO DISCENTE E DOCENTE / II ENCONTRO "DIFUSÃO DE PRÁTICAS PEDAGÓGICAS", realizado nos dias 19, 20 e 21/07/2023, na Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP – UNICAMP), Piracicaba – SP.

Profa. Dra. Marianne Spalding  
Comissão Organizadora

Organização:



Apoio:



**Anexo IV.** Relatório de verificação de originalidade e prevenção de plágio

PERCEPÇÃO DISCENTE SOBRE O USO DE METODOLOGIAS  
ATIVAS NO ENSINO DE FISIOLOGIA RENAL

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

2%

★ Karina Reche Casale, Ana Luisa Bettioli, Daniel Araújo da Silva Santos, Marilda Aparecida Dantas Graciola et al. "Estratégias para Promover a Adaptação de Alunos Ingressantes à Universidade, no Ensino Remoto Emergencial: Oficinas de Autorregulação da Aprendizagem e Plataforma Online Lt-kuraCloud", Revista de Graduação USP, 2023

Publication

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off