



## ACESSO ABERTO

**Data de Recebimento:**

06/03/2023

**Data de Aceite:**

08/04/2023

**Data de Publicação:**

14/04/2023

**Revisor por:**Dion Leno Benchimol da Silva,  
Joelma Maria Dos Santos Da  
Silva Apolinário**\*Autor correspondente:**Renato Massaharu Hassunuma,  
rhassunuma@gmail.com**Citação:**HASSUNUMA, R. M. et al.  
Leuco war<sup>®</sup>: prós e contras na  
utilização do jogo como recurso  
didático no ensino dos principais  
eventos celulares da inflamação  
\*. **Revista Multidisciplinar em  
Saúde**, v. 4, n. 2, 2023. [https://  
doi.org/10.51161/integrar/  
rem/3698](https://doi.org/10.51161/integrar/rem/3698)**LEUCO WAR<sup>®</sup>: PRÓS E CONTRAS NA UTILIZAÇÃO DO JOGO COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DOS PRINCIPAIS EVENTOS CELULARES DA INFLAMAÇÃO\***Renato Massaharu Hassunuma <sup>1</sup>, Fábio Aparecido da Silva <sup>2</sup>, Wilson Massashiro Yonezawa<sup>3</sup>, Patrícia Carvalho Garcia <sup>1</sup>, Michele Janegitz Acorci-Valério <sup>1</sup>, Marjorie de Assis Golim <sup>4</sup>, Sandra Heloisa Nunes Messias <sup>5</sup>.<sup>1</sup> Universidade Paulista, Câmpus Bauru. Rua Luís Levorato, 140 - Chácaras Bauruenses, Bauru - SP, 17048-290.<sup>2</sup> Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Pederneiras. Av. Paulista, O-325 - Centro, Pederneiras - SP, 17280-000.<sup>3</sup> Departamento de Computação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Faculdade de Ciências - Câmpus Bauru. Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 2085 - Núcleo Residencial Presidente Geisel, Bauru - SP, 17033-360.<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Câmpus Botucatu. Av. Prof. Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/nº Campus da Unesp - CEP: 18618-867 - Botucatu-SP.<sup>5</sup> Universidade Paulista - UNIP. Rua Vergueiro, 1211, 8º andar - Paraíso - São Paulo – SP, CEP: 01504-001**RESUMO**

**Introdução:** Existem várias dificuldades no ensino do processo inflamatório, geralmente ministrado na disciplina de Patologia, aos alunos de graduação nos diferentes cursos da área de Saúde. Fatores como o número de células envolvidas, suas funções e cronologia em atum podem dificultar a aquisição de conhecimento sobre o assunto. **Objetivos:** a atual pesquisa discute a utilização do jogo Leuco War<sup>®</sup> como recurso didático para o ensino dos principais eventos celulares do processo inflamatório. **Material e métodos:** Inicialmente foram resolvidas todas as 11 fases do modo *Lycée* do Leuco War<sup>®</sup>. As janelas de texto de cada etapa foram traduzidas. A partir de um levantamento bibliográfico sobre o assunto e de capturas de tela do jogo, foram elaboradas propostas didáticas para professores utilizarem este recurso em sala de aula. **Resultados:** A análise do jogo Leuco War<sup>®</sup> mostrou que no modo *Lycée*, são abordados vários eventos celulares como vasodilatação, promoção de dor pela liberação de mediadores químicos, leucodiapedese, quimiotaxia, ação de antibióticos no controle bacteriano, produção de anticorpos, entre outros. As várias limitações observadas do jogo, como, por exemplo, a ausência da representação de neutrófilos e a migração de mastócitos e plasmócitos, devem ser discutidas em sala de aula para que o aluno não tenha seu aprendizado comprometido. **Conclusões:** O fato de a explicação ocorrer dentro de um ambiente de jogo pode ser considerado um importante fator motivador para escolha do Leuco War<sup>®</sup> como recurso didático. As limitações observadas no jogo podem ser minimizadas por meio de discussões propostas pelo professor durante o jogo.

**Palavras-chave:** Bioinformática. Ensino. Inflamação.

## ABSTRACT

**Introduction:** There are several difficulties in teaching the inflammatory process, usually taught in the discipline of Pathology, to undergraduate students in different courses in the area of Health. Factors such as the number of cells involved, their functions and the chronology in which they act can make it difficult to acquire knowledge on the subject. **Objectives:** the current research discusses the use of the Leuco War<sup>®</sup> game as a didactic resource for teaching the main cellular events of the inflammatory process. **Material and methods:** Initially, all 11 phases of the Lycée mode of Leuco War<sup>®</sup> were solved. The text windows of each step have been translated. From a bibliographic survey on the subject and screenshots of the game, didactic proposals were elaborated for teachers to use this resource in the classroom. **Results:** The analysis of the Leuco War<sup>®</sup> game showed that in Lycée mode, several cellular events are addressed, such as vasodilation, pain promotion by the release of chemical mediators, leukodiapedesis, chemotaxis, action of antibiotics in bacterial control, production of antibodies, among others. The various limitations observed in the game, such as, for example, the absence of representation of neutrophils and the migration of mast cells and plasmocytes, should be discussed in the classroom so that the student does not have his learning compromised. **Conclusions:** The fact that the explanation takes place within a game environment can be considered an important motivating factor for choosing Leuco War<sup>®</sup> as a didactic resource. The limitations observed in the game can be minimized through discussions proposed by the teacher during the game.

**Keywords:** Bioinformatics. Teaching. Inflammation.

## 1 INTRODUÇÃO

A inflamação corresponde a uma resposta inespecífica do organismo frente a diferentes tipos de agressão com a finalidade de eliminar agentes invasores estranhos e/ou tecidos necróticos (KUMAR et al., 2010). As respostas celulares típicas do processo inflamatório são: aumento no aporte sanguíneo na área da lesão, aumento no número de leucócitos que chegam ao tecido afetado, aumento na atividade fagocítica com o objetivo de remover o agente agressor e material necrótico, seguido por uma regulação negativa desses eventos celulares, resultando no processo de cura dos tecidos. Essa cascata de eventos é um mecanismo único do organismo para manter sua integridade frente a lesões macroscópicas e microscópicas (BENNETT et al., 2018).

O ensino do processo inflamatório dentro da disciplina de Patologia é um desafio para todos cursos de graduação das mais diversas áreas da saúde. A inflamação é caracterizada por uma série de eventos, com a participação de muitas células de diferentes origens e funções. Além disso, existe uma cronologia em que os eventos ocorrem, que dificultam ainda mais o aprendizado por alunos que são introduzidos ao assunto (CHEN et al., 2017).

Várias pesquisas já foram publicadas na literatura, demonstrando o esforço de professores de ensino superior no ensino do conteúdo da aula de inflamação utilizando recursos didáticos atuais como: aprendizagem ativa baseada em discussões de casos clínicos e integração multidisciplinar de conteúdos (PATTERSON et al., 2007); sala de aula invertida, em que o aluno assume papel de protagonista do seu aprendizado, estudando o conteúdo em casa e realizando as atividades em sala de aula (CAI et al., 2022); modelo *Host Defense* (defesa do hospedeiro, na tradução livre) em que a disciplina de Imunologia é o considerada o princípio abrangente central que une as várias disciplinas do curso (HAIDARIS; FRELINGER, 2019); e o ensino à distância (*e-learning*) que foi utilizado no ensino emergencial remoto com o advento da pandemia da Covid-19 e que se estabeleceu como ferramenta didática no ensino híbrido (DELUNGAHAWATTA et al., 2022).

Em se tratando de ensino remoto emergencial durante a pandemia causada pelo SARS-CoV-2, vários recursos tecnológicos passaram a ser utilizados no ensino de Patologia, como aulas virtuais síncronas, desenvolvimento de trabalhos em ambientes virtuais de aprendizagem, uso de lâminas escaneadas, filmagem de peças anatômicas, entre outros (PEREIRA; BERBARDI, POZZAN, 2021).

Neste contexto, também houve um aumento crescente no número de instituições de ensino superior que incorporaram o aprendizado ativo aprimorado por tecnologia e ferramentas de educação multimídia, como plataformas de treinamento gamificadas em seu currículo. Dentre estas plataformas estão os jogos educacionais, os aplicativos para celulares e computadores e programas de simulação virtuais (KRISHNAMURTHY et al., 2022).

Nesse contexto, destaca-se o jogo Leuco War<sup>®</sup>, organizado pela *Nice Academy* e desenvolvido pelo pesquisador francês Phillippe Consentino. Nele, o jogador é apresentado às células inflamatórias como monócitos, macrófagos, mastócitos, plasmócitos, entre outras, permitindo que o aluno conheça, por meio do jogo, alguns dos principais eventos celulares que ocorrem durante a inflamação.

Assim, o presente estudo visa analisar o modo *Lycée* (Ensino Médio) do jogo Leuco War<sup>®</sup> como recurso didático para o ensino dos eventos celulares na Disciplina de Patologia, sugerindo propostas de como o mesmo pode ser utilizado como uma atividade prática e apresentando seus prós e contras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo refere-se a uma pesquisa de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, cujo objetivo é explicativo, e com procedimentos técnicos que caracterizam uma pesquisa narrativa, que visam analisar e apresentar propostas para utilização do modo *Lycée* do jogo Leuco War<sup>®</sup> como ferramenta didática no ensino dos eventos celulares que ocorrem durante o processo inflamatório. Esta pesquisa foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2023, sendo analisados todas as 11 fases do jogo. As análises das etapas do jogo seguiram o mesmo modelo proposto por Hassunuma e Yonezawa (2022) para análise do Foldit<sup>®</sup>, em que cada fase do jogo é solucionada e posteriormente são discutidos os pontos positivos e negativos observados pelos autores.

O Leuco War<sup>®</sup> é um jogo de computador educacional, bidimensional, de estratégia, que pode ser jogado de forma *on-line* ou *off-line*. Cada uma das fases do jogo foi resolvida e analisada, conjuntamente com a tradução das janelas de texto. A partir da análise do conteúdo científico apresentado na janela do texto e na atividade a ser realizada em cada fase do jogo, criaram-se propostas didáticas do conteúdo para utilização do professor em sala de aula durante a aplicação jogo.

Desta forma, resumidamente, para cada fase do jogo é apresentado: a) uma figura apresentando os elementos apresentados no jogo (ex.: macrófagos, plasmócitos, hemácias, etc.); b) a tradução livre do texto das janelas de cada fase, escritas originalmente em francês; e c) algumas propostas didáticas de conteúdos a serem apresentados ou discutidos em sala de aula pelo professor. Este material produzido pode ser utilizado como um guia rápido para professores poderem se preparar e aplicar o jogo Leuco War<sup>®</sup> como atividade prática em sala de aula.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Preparações para utilizar o jogo Leuco War® em sala de aula

Devido ao fato da presente pesquisa ser direcionada a professores que desejam utilizar o jogo Leuco War® como atividade prática em sala de aula para o ensino do processo inflamatório, as atividades foram direcionadas para como o docente deve se preparar para desenvolver a prática sugerida.

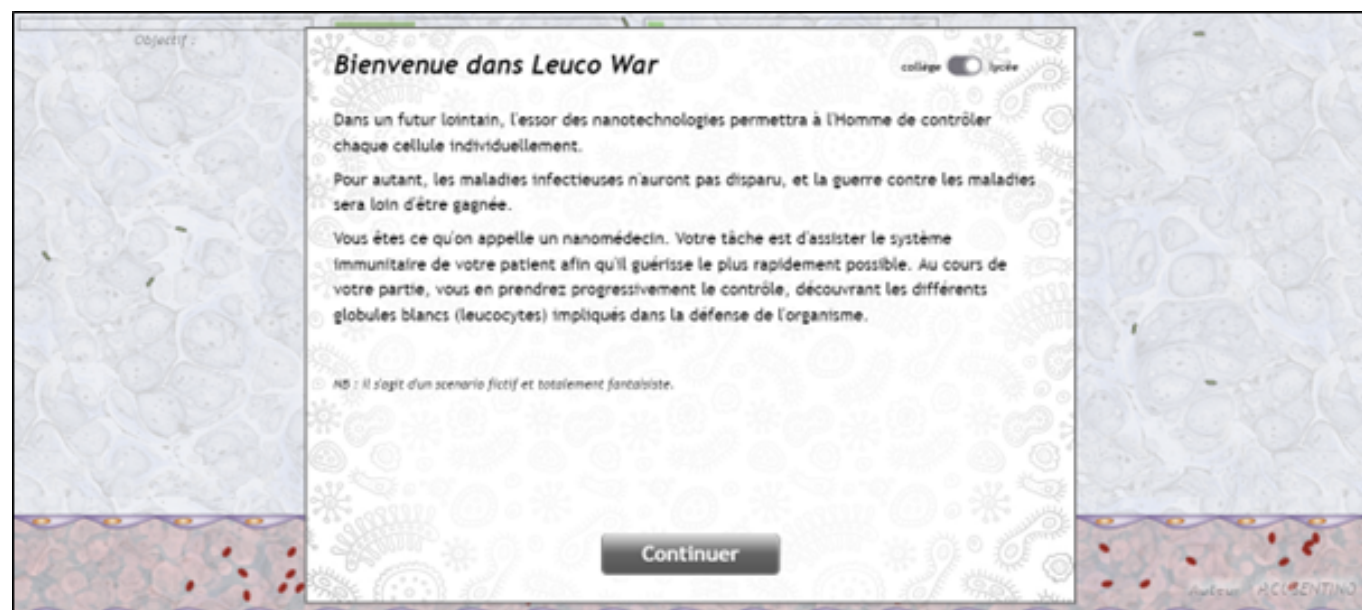
Inicialmente, o professor deve verificar se o laboratório a ser utilizado possui conexão com *internet*. O jogo Leuco War® está disponível gratuitamente para computadores com sistema operacional Windows® no *link*: <http://philippe.cosentino.free.fr/productions/leucowar/>, onde pode ser utilizado de forma *on-line*, requerendo conexão à *internet*. Caso não tenha *internet* disponível, é possível realizar o *download* de um arquivo executável pelo *link*: <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/?p=437>, que permite que o jogo seja usado *off-line*. Existe a possibilidade ainda de utilizar o jogo usando celulares com sistema operacional Android®. O jogo está disponível na Google Play® pelo *link*: <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.cosentino.actarusapps.leucowar>.

A seguir, será apresentado um guia breve para cada fase do jogo com: a) uma captura de tela; b) o texto traduzido das janelas de texto; e c) algumas propostas didáticas de como conteúdo pode ser trabalhado pelo professor em sala de aula.

#### 3.2 Bem-vindo ao Leuco War®

Após acessar o jogo Leuco War® por meio do *link*: <http://philippe.cosentino.free.fr/productions/leucowar/>, o jogador deve escolher a opção *Lycée* no botão apresentado no canto superior direito da janela de texto. É aberta a janela “Bem-vindo ao Leuco War”, cujo conteúdo foi traduzido e está apresentado no Quadro 1, juntamente com uma proposta de abordagem didática.

Figura 1 – Janela “Bem-vindo ao Leuco War”.



Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 1** – Tradução da janela “Bem-vindo ao Leuco War” e propostas didáticas

<b>Bem-vindo ao Leuco War</b>	<b>Propostas didáticas</b>
<p>Em um futuro distante, o surgimento da nanotecnologia permitirá que os humanos controlem cada célula individualmente. No entanto, as doenças infecciosas não terão desaparecido e a guerra contra as doenças estará longe de ser vencida. Você é o que se chama de nanomedicina. Sua tarefa é ajudar o sistema imunológico de seu paciente para que ele se recupere o mais rápido possível. Durante o jogo, você irá gradualmente controlando-o, descobrindo os diferentes glóbulos brancos (leucócitos) envolvidos na defesa do corpo.</p> <p>Observação: este é um cenário fictício e totalmente fantasioso.</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda do botão: Ensino fundamental / Ensino médio).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação do jogo e da proposta de ensino;</li> <li>2. Apresentação dos conceitos de nanotecnologia, nanomedicina, sistema imunológico, leucócitos;</li> <li>3. Discussão da importância da nanotecnologia na medicina atual.</li> </ol>

Fonte: Autores, 2023.

### 3.3 Elimine as bactérias!

Após fechar a primeira janela, automaticamente, será aberta a Janela “Elimine as bactérias!”, que apresenta o primeiro desafio ao jogador. Nesta primeira fase do jogo (Figura 2), o usuário é apresentado à *interface* (barras de progresso) e elementos presentes no cenário inicial do jogo (bactérias, tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, células endoteliais e hemácias), e deve eliminar cinco bactérias, clicando sobre elas com o ponteiro do *mouse*. O texto traduzido da janela de texto desta fase e uma proposta de abordagem didática são apresentados no Quadro 2.

**Figura 2** – Fase “Elimine as bactérias!” com elementos do jogo indicados pelas setas.



Fonte: Leuco War®, 2023.

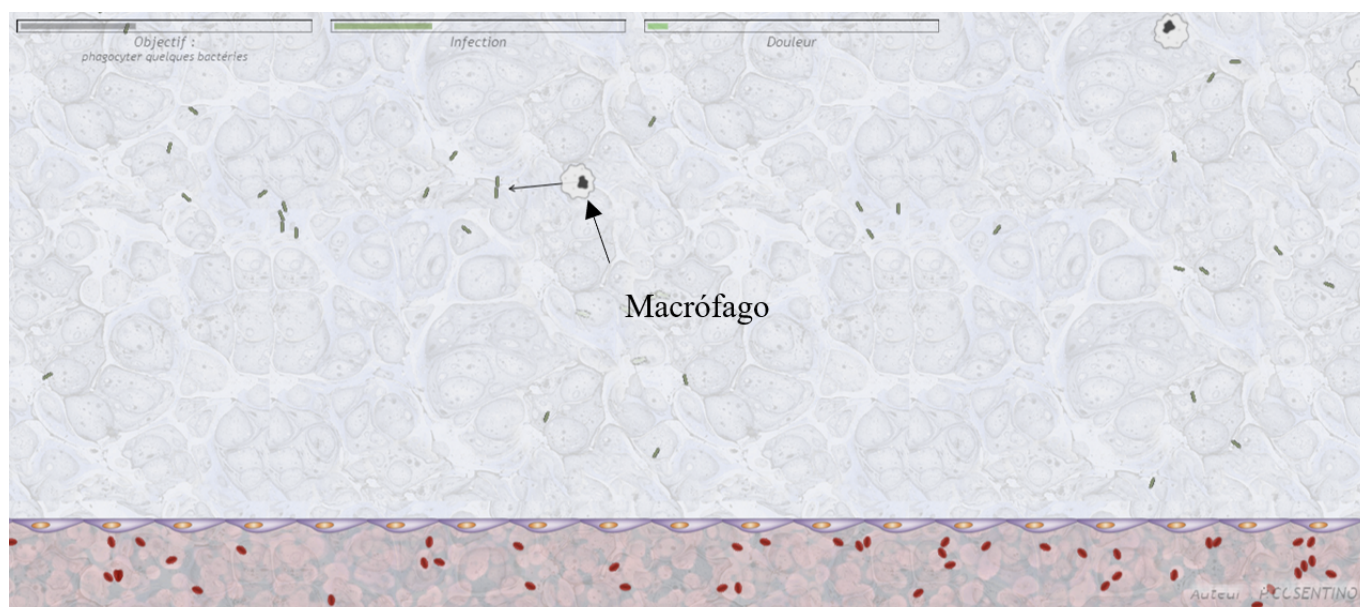
**Quadro 2** – Tradução da janela “Elimine as bactérias!” e propostas didáticas

<b>Elimine as bactérias!</b>	<b>Propostas didáticas</b>
<p>Os tecidos do seu paciente estão infectados com bactérias. Para começar, você pode tentar matar algumas bactérias clicando diretamente em cada uma delas (você pode reexibir essas instruções a qualquer momento clicando na barra de progresso do objetivo). Seu campo de caça é maior que sua tela. Para explorar todo esse terreno, basta aproximar o cursor do mouse das bordas da tela. Você também pode movimentar, mexendo no <i>mouse</i> enquanto mantém pressionado o botão.</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda da figura: Bactérias mortas/ Bactérias vivas).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação das bactérias como agentes biológicos causadores de doenças;</li> <li>2. Explicação do funcionamento do jogo: como destruir bactérias, como movimentar as células e apresentação das barras de progresso de: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Objetivo (<i>Objectif</i>): informa a evolução da tarefa a ser realizada pelo jogador e permite o acesso à janela de texto;</li> <li>b) Infecção (<i>Infection</i>): indica o nível de proliferação bacteriana no jogo;</li> <li>c) Dor (<i>Douleur</i>): indica o nível de dor do paciente hipotético.</li> </ol> </li> <li>3. Apresentação dos elementos iniciais do jogo: bactérias, tecido conjuntivo, vaso sanguíneo (células endoteliais e hemácias).</li> </ol> <p>Observação: no jogo não é considerada a presença de bactérias no sangue.</p>

Fonte: Autores, 2023.

### 3.4 Fase “Controle os macrófagos!”

Após concluir o objetivo da etapa anterior, o jogador é apresentado ao macrófago (Figura 3), que deve ser controlado de forma a realizar a destruição de bactérias por meio da fagocitose. Para realizar isso, o jogador pode clicar e arrastar o macrófago em direção à uma bactéria que a mesma será fagocitada automaticamente. A tradução da janela de texto e algumas sugestões de como essa etapa pode ser abordada pelo professor estão apresentados no Quadro 3.

**Figura 3** – Janela “Controle os macrófagos!”

Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 3** – Tradução da janela “Controle os macrófagos!” e propostas didáticas

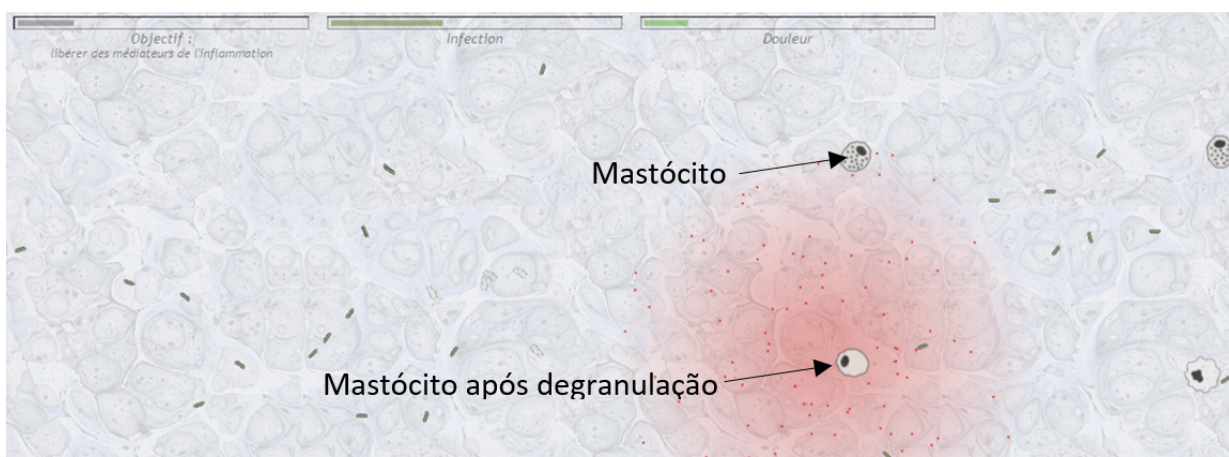
<b>Controle os macrófagos!</b>	<b>Propostas didáticas</b>
<p>Existem muitas bactérias, e elas estão crescendo muito rápido, para você eliminá-las uma a uma. Os macrófagos podem ajudá-lo a eliminar as bactérias, fagocitando-as. Para dar uma ordem de movimento a um macrófago, clique sobre ele e, mantendo o botão do mouse pressionado, indique para onde ele deve ir. É possível atribuir ordens a vários macrófagos sem esperar o fim do movimento de cada um.</p> <p>Prosseguir.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação dos macrófagos como células residentes do tecido conjuntivo, capazes de destruir as bactérias que invadem os tecidos por meio da fagocitose. Outras características da célula, como sua origem e outras funções, também podem ser apresentadas;</li> <li>2. Discussão do conceito de fagocitose.</li> </ol>

Fonte: Autores, 2023.

Nesta fase, vale a pena mencionar que, devido a limitações do próprio jogo e para não sobrecarregar a interface do jogo, no Leuco War<sup>®</sup> não são apresentadas várias células sanguíneas e células residentes do tecido conjuntivo, como por exemplo, basófilos, neutrófilos, eosinófilos, linfócitos, entre outras (RABONI et al., 2020). Como sugestão, as demais células que participam do processo inflamatório podem ser apresentadas pelo professor ou podem ser pesquisadas pelo próprio aluno em atividades avaliativas.

### 3.5 Fase “Os mastócitos”

Nesta fase, o jogador é apresentado ao mastócito (Figura 4), uma célula residente do tecido conjuntivo que libera vários mediadores inflamatórios, entre elas a histamina (RABONI et al., 2020). Os mastócitos podem ser movimentados pelo jogador usando o mesmo comando de clique e arraste sobre a célula. Para fazer com que o mastócito degranule basta clicar duas vezes sobre a célula. Observe que haverá a formação de um halo vermelho ao redor da célula, perda dos grânulos em seu interior e vasodilatação. Para alcançar o objetivo da fase, basta clicar duas vezes em três mastócitos para haver liberação de mediadores químicos em quantidade suficiente para completar a barra de progressão de objetivos. Observe que a liberação de mediadores químicos também promove o aumento de sensibilidade dolorosa, indicada na barra de progresso *Douleur* (dor). No Quadro 4, são apresentadas a tradução da janela de texto e algumas propostas didáticas.

**Figura 4** – Janela “Os mastócitos”

Fonte: Leuco War<sup>®</sup>, 2023.

**Quadro 4** – Tradução da janela “Controle os macrófagos!” e propostas didáticas

<b>Os mastócitos</b>	<b>Propostas didáticas</b>
<p>Os mastócitos são capazes de atrair outros leucócitos para o local da infecção. Essa atração (quimiotaxia) ocorre via moléculas chamadas mediadores químicos da inflamação. Os mastócitos liberarão esses mediadores automaticamente se estiverem cercados por bactérias, mas você pode forçar essa liberação clicando duas vezes sobre eles.</p> <p>Mova os mastócitos para áreas com muitas bactérias e faça com que eles secretem seus mediadores químicos (Nota: na realidade, os mastócitos não se movem).</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda da figura: Mastócitos antes e depois da liberação de mediadores químicos por exocitose).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação dos mastócitos como células residentes do tecido conjuntivo, liberadoras de mediadores químicos. Outras características da célula, como sua origem, propriedade de metacromasia, o papel da histamina na inflamação e outras funções da célula também podem ser apresentadas;</li> <li>2. Discussão da importância dos processos de degranulação e vasodilatação no início da inflamação;</li> </ol>

**Fonte:** Autores, 2023.

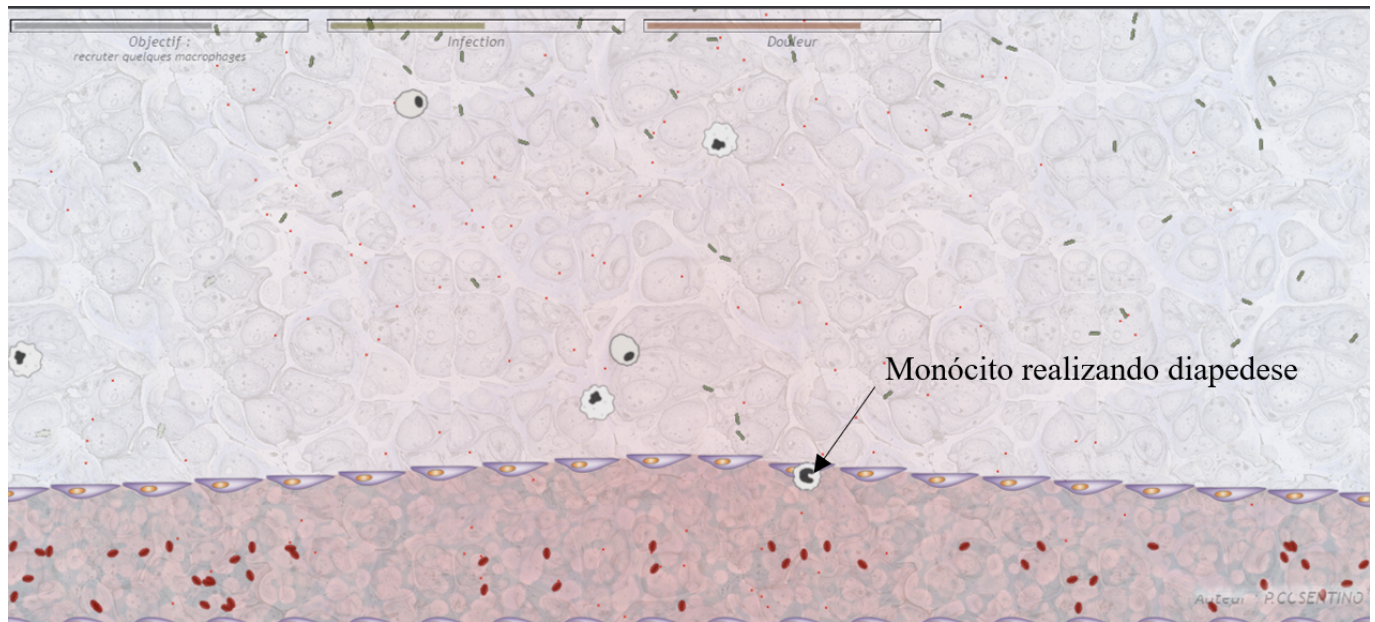
Nesta fase do jogo, existem várias limitações observadas. O fato de o jogador poder mover os mastócitos no Leuco War<sup>®</sup>, pode dar a falsa impressão de que esta célula é móvel. Os mastócitos são células primariamente fixas nos tecidos, estando amplamente distribuídas na derme e nos sistemas digestório e respiratório (JUNQUEIRA, CARNEIRO, ABRAHAMSOHN, 2017).

Um ponto não discutido no jogo, mas que poderia agregar valor no processo de ensino, é a degranulação de mastócitos. A participação da imunoglobulina E na liberação dos grânulos pré-formados e a interação entre os antígenos e o anticorpo são componentes importantes no processo inflamatório (LIAO et al., 2020) e poderiam ser explorados em jogos futuros.

### 3.6 Fase “A inflamação”

Esta fase é caracterizada pela formação do infiltrado inflamatório (Figura 5), caracterizado pela chegada de novas células inflamatórias no local infectado, por meio de leucodiapedese. Para alcançar o objetivo proposto, basta clicar em um ou dois mastócitos, para que a degranulação de mediadores químicos mantenha a vasodilatação e aguardar a diapedese de leucócitos. Nesta fase, o jogador deve se ater a não clicar em um número alto de mastócitos para que o jogo não seja encerrado por completar a barra de progresso de dor. No Quadro 5, são apresentadas a tradução da janela de texto e algumas propostas didáticas desta fase.



**Figura 5** – Janela “A inflamação”

Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 5** – Tradução da janela “A inflamação” e propostas didáticas

A inflamação	Propostas didáticas
<p>Você notou isso? Os mediadores químicos de inflamação não atraem apenas outros leucócitos. Sua liberação foi acompanhada por um aumento na sensação de dor. Além disso, o vaso sanguíneo se dilata e as células que o compõem se separam, permitindo a passagem de leucócitos do sangue para os tecidos (diapedese). Use esta propriedade para recrutar mais macrófagos (estes últimos provenientes da diferenciação de monócitos sanguíneos).</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda da figura: Mastócito/Monócito).</p>	<p>1. Discussão dos conceitos de diapedese e infiltrado inflamatório e a importância destes eventos no processo inflamatório.</p>

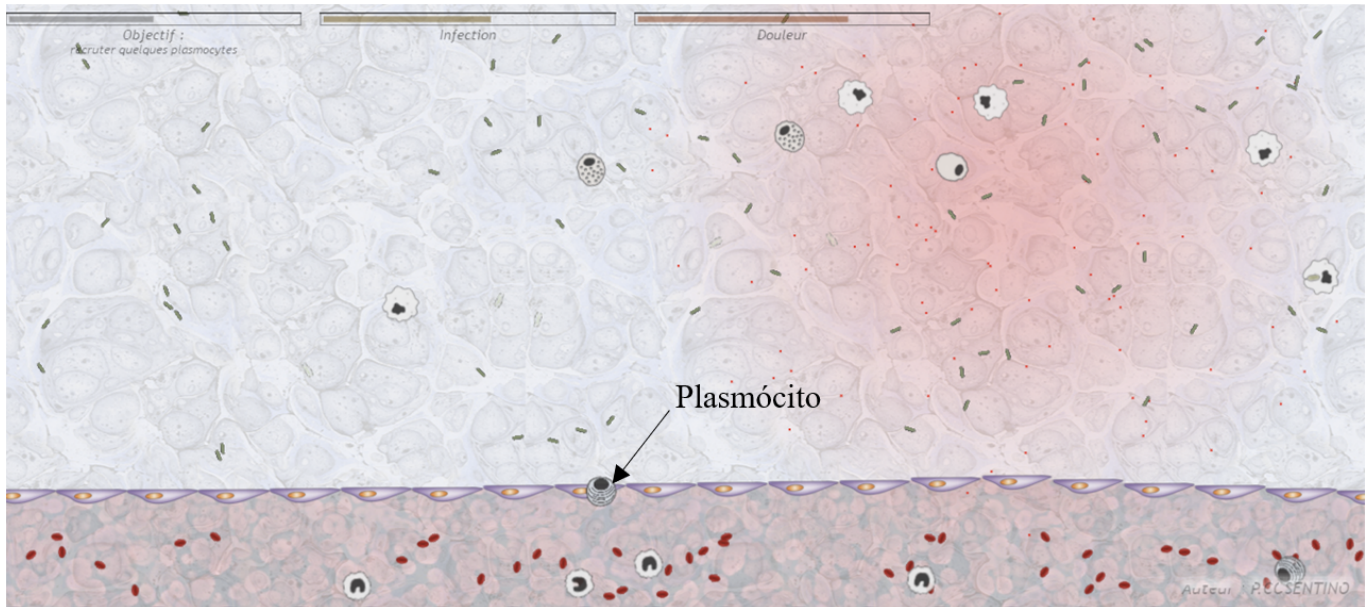
Fonte: Autores, 2023.

### 3.7 Fase “A resposta adaptativa”

Nesta fase são apresentados os plasmócitos (Figura 6). Infelizmente, é nesta etapa que ocorre um erro crasso no jogo, pois mostra a migração de plasmócitos através do vaso sanguíneo. Este lapso é explicado pelo autor do jogo no texto da janela desta fase, quando o mesmo justifica a chegada dos plasmócitos no sangue como uma forma de não sobrecarregar a interface do jogo. É uma justificativa plausível e compreensível, mas que poderia ter sido suprida através da migração de linfócitos B do vaso sanguíneo e sua conversão em plasmócitos em tecido. Para alcançar o objetivo proposto, basta clicar em um ou dois mastócitos, para que a degranulação de mediadores químicos mantenha a vasodilatação e aguardar a

“diapedese” de plasmócitos. Vale a pena salientar que, nesta fase, o jogador não deve clicar em quantidade excessiva de mastócitos para que o jogo se encerre por extrapolar a barra de progresso de dor. No Quadro 6, estão apresentadas a tradução da janela de texto e propostas didáticas.

**Figura 6** – Janela “A resposta adaptativa”



Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 6** – Tradução da janela “A inflamação” e propostas didáticas

A resposta adaptativa	Propostas didáticas
<p>Já se passaram vários dias desde o início da infecção. Desde então, o organismo conseguiu desenvolver uma resposta imune dirigida especificamente contra esse bacilo. Essa resposta específica ocorre por meio de moléculas chamadas anticorpos. Estes são liberados por leucócitos chamados plasmócitos. Use mastócitos para recrutar plasmócitos.</p> <p>NB: na realidade, os plasmócitos circulam na linfa e não no sangue, e residem nos órgãos linfoides. Os vasos linfáticos não foram representados aqui para não sobrecarregar a interface.</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda da figura: Plasmócito liberando anticorpos).</p>	<p>1. Apresentação da morfologia e função dos plasmócitos.</p>

Fonte: Autores, 2023.

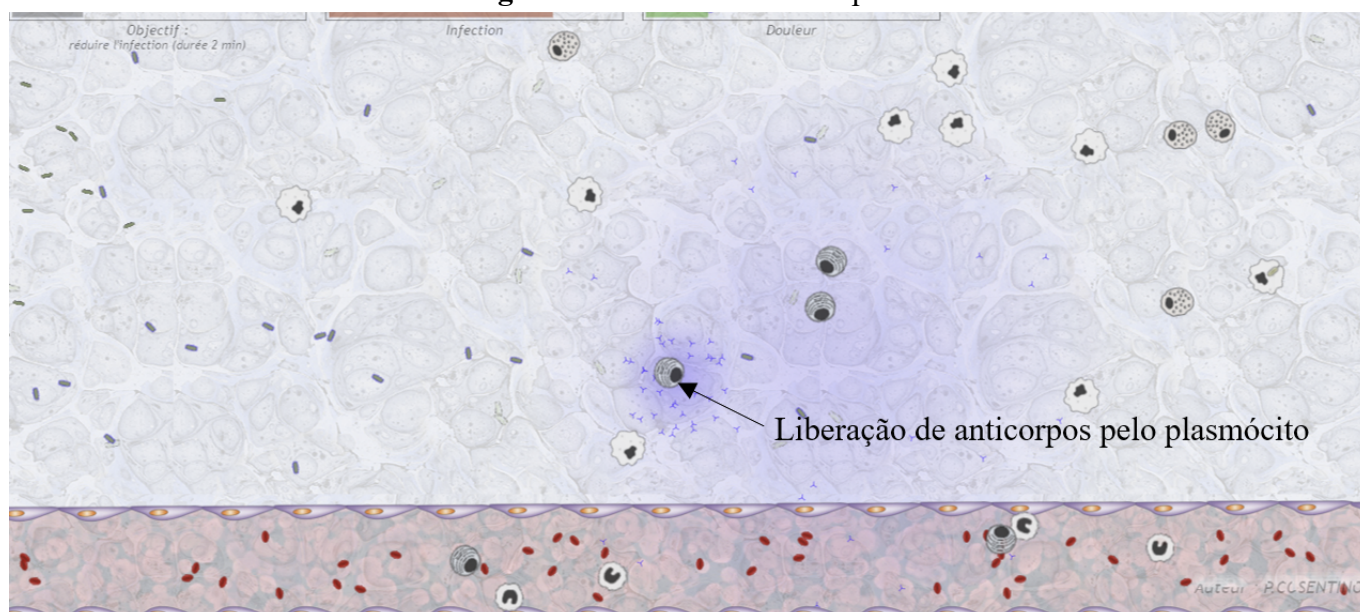
Nesta fase do jogo, encontra-se um dos pontos negativos mais importantes a serem mencionados no Leuco War®, que corresponde ao de o plasmócito não estar presente no interior do vaso sanguíneo. Na realidade, ela tem origem do linfócito do tipo B, que pode provir do sangue ou da linfa e se diferencia apenas quando está presente nos tecidos (RABONI et al, 2020). Embora este “erro conceitual” possa ser

observado como uma limitação da interface do jogo, conforme justificado na janela de texto, o problema poderia ser facilmente resolvido modificando a morfologia do linfócito B presente no sangue enquanto a célula realiza diapedese.

### 3.8 Fase “Os anticorpos”

Esta fase é caracterizada pela liberação de anticorpos pelos plasmócitos (Figura 7). Para que o objetivo desta etapa seja alcançado basta realizar um duplo clique nos plasmócitos para que os mesmos liberem anticorpos em quantidade suficiente para completar a barra de progresso de objetivo. No Quadro 7, estão apresentadas a tradução da janela de texto e algumas propostas didáticas.

**Figura 7 – Janela “Os anticorpos”**



Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 7 – Tradução da janela “Os anticorpos” e propostas didáticas**

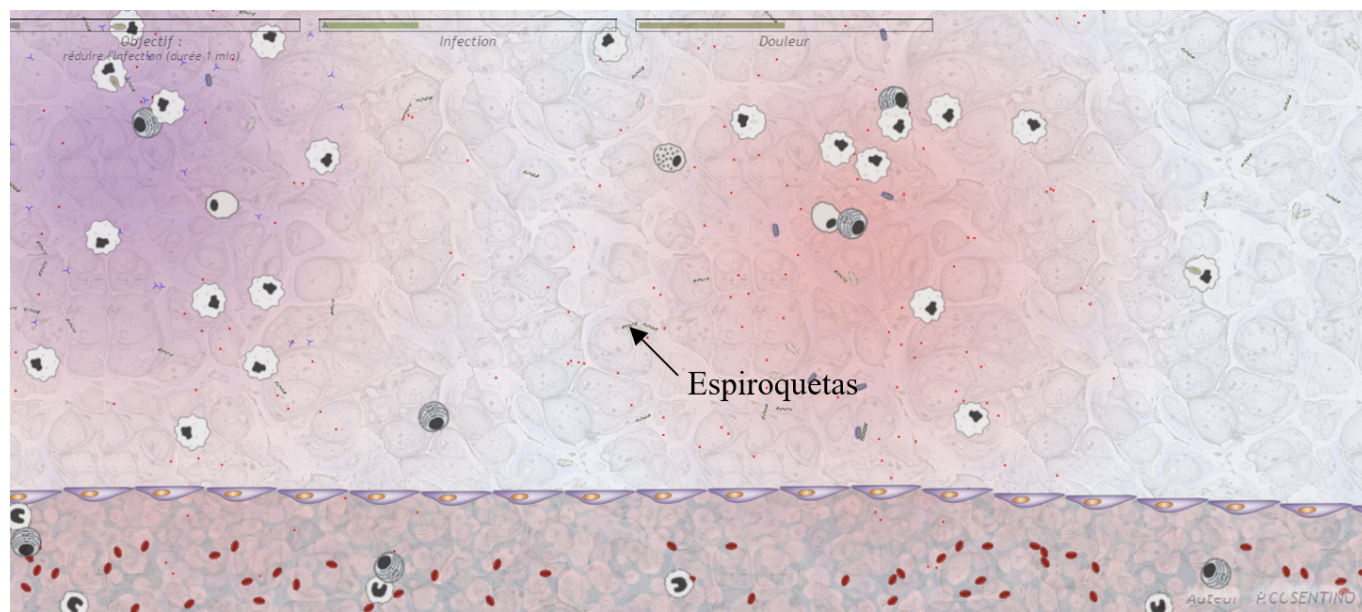
Os anticorpos	Propostas didáticas
<p>Os plasmócitos liberam espontaneamente seus anticorpos na presença de bactérias. Esses anticorpos então se ligarão às bactérias, neutralizando-as: seu movimento será reduzido, elas terão dificuldade em se dividir ou até morrerão. Além disso, sua fagocitose por macrófagos será muito facilitada. Use células plasmáticas para neutralizar os bacilos e depois mate-os com macrófagos e mastócitos. Você pode forçar a liberação de anticorpos clicando duas vezes em um plasmócito.</p> <p>Continuar.</p> <p>(Legenda da figura: Plasmócito liberando anticorpos).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apresentação dos tipos, localização e funções dos anticorpos;</li> <li>2. Discussão da importância dos anticorpos na defesa imunológica;</li> <li>3. Apresentação do conceito de opsonização.</li> </ol>

Fonte: Autores, 2023.

### 3.9 Fase “Novos intrusos”

Nesta fase, são apresentadas ao jogador novas bactérias, denominadas espiroquetas (Figura 8). Assim, nesta etapa, podem ser discutidas os diferentes aspectos morfológicos das bactérias, pois enquanto no início do jogo a infecção era causada por bacilos (bactérias em forma de bastão), neste momento, a infecção também tem a participação de espiroquetas (bactérias com formato de espiral). Interessantemente, o jogo leva alguns segundos antes que novos plasmócitos produzam anticorpos eficazes para destruição destas novas bactérias, simulando o que ocorre com a entrada de um novo imunógeno no organismo. No Quadro 8, estão apresentadas a tradução da janela de texto e algumas propostas didáticas.

Figura 8 – Janela “Novos intrusos”



Fonte: Leuco War®, 2023.

Quadro 8 – Tradução da janela “Novos intrusos” e propostas didáticas

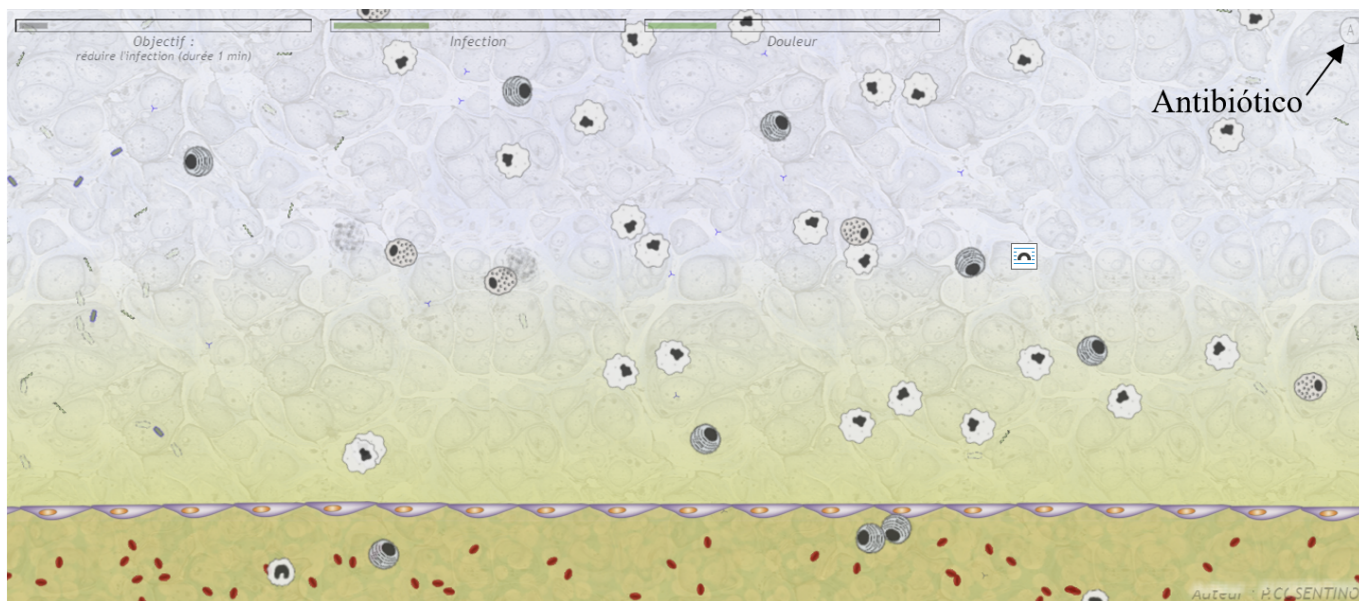
Novos intrusos	Propostas didáticas
<p>Uma nova fonte de infecção apareceu. Desta vez não são bacilos, mas bactérias chamadas treponemas! Anticorpos direcionados contra os bacilos não terão efeito sobre esses treponemas. Use macrófagos e mastócitos para limitar o desenvolvimento de treponemas, enquanto espera que o organismo desenvolva plasmócitos [que produzam anticorpos] específicos para esse novo antígeno.</p> <p>Continuar.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Discussão sobre a produção específica de anticorpos para cada tipo de imunógeno;</li> <li>2. Apresentação da morfologia bacteriana: classificação das bactérias de acordo com o seu formato.</li> </ol>

Fonte: Autores, 2023.

### 3.10 Fase “Antibióticos”

Esta fase do jogo representa a utilização de um antibiótico durante o processo inflamatório (Figura 9). No canto superior direito (seta na Figura 9) há um botão que representa uma dose única de um antibiótico indicado para destruição das espiroquetas. Observe que após clicar no botão, o comprimido representado começará a desaparecer e toda área inferior estará representada em tons amarelados, representando a difusão do fármaco através do vaso sanguíneo. Note também a destruição das espiroquetas pela ação do medicamento. No Quadro 9, estão apresentadas a tradução da janela de texto e algumas propostas didáticas.

Figura 9 – Janela “Antibióticos”



Fonte: Leuco War®, 2023.

Quadro 9 – Tradução da janela “Antibióticos” e propostas didáticas

Antibióticos	Propostas didáticas
<p>Durante décadas, os seres humanos usaram antibióticos de maneira inadequada, usando-os quando não eram necessários ou sem receita médica. Essa má prática terá selecionado bactérias resistentes e, no futuro, cada vez menos antibióticos serão eficazes. No entanto, foi realizado um antibiograma com o sangue do seu paciente e foi identificado um antibiótico ao qual os treponemas são sensíveis. Use (na hora certa) a dose única de antibiótico disponível para você (comprimido no canto superior direito da tela).</p> <p>Continuar.</p>	<p>1. Discussão sobre o consumo racional de antibióticos, sua venda controlada e resistência bacteriana.</p>

Fonte: Autores, 2023.

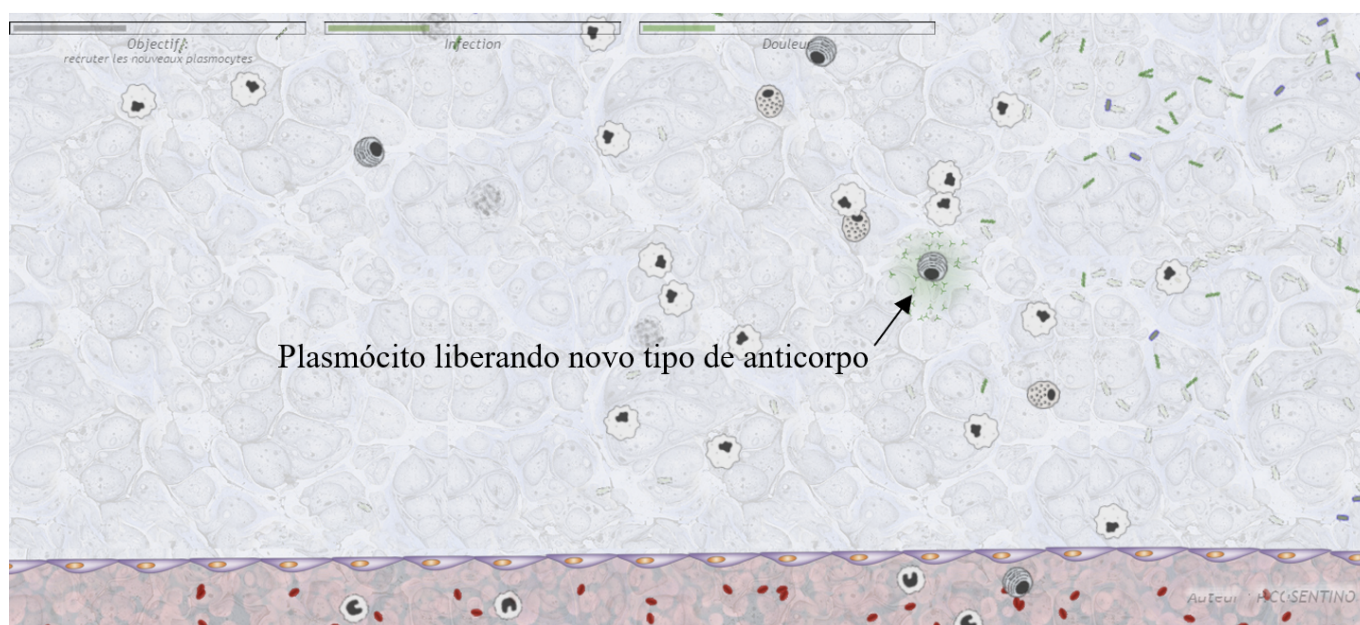
Nesta fase do jogo, pode ser sugerido que o professor trabalhe com seus alunos a questão da resistência bacteriana, que atualmente é considerado um importante problema médico e de saúde pública, que ocorre

devido ao uso indiscriminado de antibióticos (URASSA; LYAMUYA; MHALU, 1997). O aumento constante de infecções fatais causadas por bactérias resistentes a antibióticos pode ser parcialmente controlado pela sua venda sob prescrição médica, pela prescrição do antimicrobiano apenas quando necessário e outras estratégias para otimizar o uso desta categoria de fármacos (BASSETTI et al., 2022).

### 3.11 Fase “Os reforços, enfim”

Esta fase do jogo representa a chegada de novos plasmócitos capazes de sintetizar anticorpos contra as espiroquetas (Figura 10). Observe que os novos tipos de anticorpos liberados contra as espiroquetas são representados em verde (seta na Figura 10). No Quadro 10, apresentam-se a tradução da janela de texto e propostas didáticas.

**Figura 10** – Janela “Os reforços, enfim”



Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 10** – Tradução da janela “Os reforços, enfim” e propostas didáticas

Os reforços, enfim	Propostas didáticas
<p>Demorou vários dias para o corpo produzir plasmócitos capazes de secretar anticorpos contra os treponemas, mas é isso, eles estão aí! Use mastócitos para recrutar novos plasmócitos.</p> <p>Continuar.</p>	<p>1. Discussão sobre o tempo da resposta imunológica adquirida e a especificidade de ação dos anticorpos sobre imunógenos.</p> <p>Observação: neste período (dias após o início da infecção), a inflamação já se tornou crônica. Nesta etapa, a inflamação já não é mantida pela histamina liberada inicialmente por mastócitos e basófilos, mas principalmente por prostaglandinas liberadas no ciclo do ácido araquidônico (HIGGINS; LEES, 1984).</p>

Fonte: Autores, 2023.

### 3.12 Fase “A última batalha”

Nesta última fase do jogo, o usuário deve destruir todas as bactérias presentes no tecido utilizando como recursos a liberação de mediadores químicos por mastócitos, fagocitose por macrófagos e liberação de anticorpos pelos plasmócitos. Estes recursos permitirão ao jogador alcançar a vitória (Figura 11) e encerrar o jogo. No Quadro 11, apresentam-se a tradução das janelas de texto “A última batalha” e “Vitória”, bem como algumas propostas didáticas.

**Figura 11** – Janela “Vitória”, indicando o final da atividade.



Fonte: Leuco War®, 2023.

**Quadro 11** – Tradução da janela “A última batalha” e propostas didáticas

<b>A última batalha</b>	<b>Propostas didáticas</b>
<p>Com esses novos plasmócitos, eliminar os treponemas será uma brincadeira de criança. A cura está próxima! Elimine todas as bactérias.</p> <p>Continuar.</p>	<p>1. Discussão sobre o processo de cura.</p>
<p><b>Vitória</b></p> <p>Você resolveu a infecção com sucesso em 619 segundos de jogo. Parabéns!</p> <p>Recomeçar</p>	<p>1. Revisar com os alunos os conhecimentos adquiridos nesta prática e sanar eventuais dúvidas.</p>

Fonte: Autores, 2023.

Após a análise de todas as fases do modo *Lycée* do Leuco War®, foi possível pontuar algumas considerações relevantes sobre o uso didático do jogo em sala de aula que estão resumidos no Quadro 12.

**Quadro 12** – Resumo crítico do jogo Leuco War®

<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A duração curta do jogo (geralmente pouco mais de 2 minutos) permite desenvolver a atividade de forma rápida em sala de aula;</li> <li>2. A aplicação da atividade requer apenas um laboratório de informática, sem necessidade de <i>internet</i> disponível, computadores com configurações avançadas, compra de material ou do próprio programa;</li> <li>3. O ambiente do jogo pode ser considerado um fator motivador para que o professor utilize o Leuco War® como recurso didático;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jogo disponível apenas no idioma francês;</li> <li>2. Necessidade de conhecimento básico prévio de Histologia, Patologia e Farmacologia de conceitos que não são explicados no jogo;</li> <li>3. Ausência da representação de várias células do sangue e tecido conjuntivo como basófilos, eosinófilos, neutrófilos e linfócitos, bem como de estruturas como os vasos linfáticos.</li> </ol>

**Fonte:** Autores, 2023.

Conforme observado na análise das fases do Leuco War®, este jogo educacional pode ser classificado como um jogo sério (*serious game*), ou seja, um conceito digital que combina conceitos científicos com atividades lúdicas observadas em videogames. A produção deste tipo de ferramenta educacional vem crescendo continuamente desde os anos 2000, sendo que a França, o país onde o Leuco War® foi produzido, é o segundo maior produtor mundial deste tipo de jogo, atrás apenas dos Estados Unidos (JACQUIER et al., 2019).

Vale ressaltar que o rápido avanço tecnológico na área da informática está criando uma nova geração de alunos chamados de “Homo-zappien”, que raciocinam e aprendem de um modo diferente que as gerações anteriores. Para esses novos “e-alunos”, os jogos digitais podem ser considerados ferramentas didáticas eficazes, divertidas, ativas e encorajadoras, sendo capazes de fornecer aos professores um retorno imediato e mensurável da qualidade de ensino ofertada aos estudantes (KANTHAN, SENGER, 2011).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das fases do modo *Lycée* do Leuco War® mostrou que este jogo pode ser utilizado em sala de aula como uma ferramenta didática no ensino dos principais eventos celulares que ocorrem durante o processo inflamatório. Embora tenham sido observados vários pontos negativos em diferentes fases do jogo, todos apontados anteriormente no Quadro 12, parte deles se devem à limitação da interface do jogo e à complexidade do assunto. Entretanto, com a devida orientação de um docente, alunos podem usufruir do jogo obtendo conhecimentos em um ambiente de jogo, que pode ser considerado um fator motivador para o aprendizado.

Assim, os resultados obtidos na análise das fases do jogo e apresentados anteriormente podem ser utilizados como um breve guia para orientar professores a como aplicar o jogo Leuco War® em sala de aula e, principalmente, como resolver os problemas conceituais gerados pelas limitações do jogo.

Os pontos positivos e negativos observados poderão ser utilizados futuramente por desenvolvedores de jogos para a produção de uma nova versão do Leuco War® ou na criação de novos jogos educacionais semelhantes, que possam solucionar os questionamentos apresentados anteriormente.



Uma sugestão direcionada para professores é que os mesmos desenvolvam atividades avaliativas baseadas no jogo, que possam ser aplicadas após o aluno concluir todas etapas propostas. Uma forma de avaliar os conhecimentos obtidos pelo aluno é a produção de mapas mentais, que possam promover uma discussão enriquecedora sobre os diferentes eventos celulares que ocorrem durante a inflamação.

As análises realizadas das fases do jogo poderão ser utilizadas também no desenvolvimento de outras tecnologias de ensino sobre o processo inflamatório, como aplicativos para aparelhos móveis, livros digitais, animações em ambiente virtual, entre outras.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse na presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BASSETTI, S.; TSCHUDIN-SUTTER, S.; EGLI, A.; OSTHOFF M. Optimizing antibiotic therapies to reduce the risk of bacterial resistance. **Eur. J. Intern. Med.** [Internet], v. 99, p. 7-12, 2022 May. Disponível em: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0953-6205\(22\)00039-5](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0953-6205(22)00039-5). Acesso em: 28 mar. 2023.

BENNETT, J. M.; REEVES, G.; BILLMAN, G. E.; STURMBERG, J. P. Inflammation-nature's way to efficiently respond to all types of challenges: implications for understanding and managing "the epidemic" of chronic diseases. **Front. Med. (Lausanne)** [Internet], v. 27, n. 5, p. 316, 2018 Nov. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6277637/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

CAI, L.; LI, Y. L.; HU, X. Y.; LI, R. Implementation of flipped classroom combined with case-based learning: A promising and effective teaching modality in undergraduate pathology education. **Medicine (Baltimore)** [Internet], v. 101, n. 5, p. e28782, 2022 Feb. 4. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8812661/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

CHEN, L.; DENG, H.; CUI, H.; FANG, J.; ZUO, Z.; DENG, J.; LI, Y.; WANG, X.; ZHAO, L. Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. **Oncotarget** [Internet], v. 9, n. 6, p. 7204-18, 2017 Dec 14. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5805548/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

COSENTINO, P. Leuco'war: un jeu sérieux pour enseigner l'immunologie. 2018 Avr 19. Disponível em: <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/?p=437>. Acesso em: 19 jan. 2023.

DELUNGAHAWATTA, T.; DUNNE, S. S.; HYDE, S.; HALPENNY, L.; MCGRATH, D.; O'REGAN, A.; DUNNE, C. P. Advances in e-learning in undergraduate clinical medicine: a systematic review. **BMC Med. Educ.** [Internet], v. 22, n. 1, p. 711, 2022 Oct. 7. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9540295/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

H Aidaris, C. G.; FRELINGER J. G. Inoculating a new generation: immunology in medical education. **Front. Immunol.** [Internet], v. 10, p. 2548, 2019 Nov. 1. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6843008/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

HASSUNUMA, R. M.; YONEZAWA, W. M. Aplicação didática do jogo Foldit no ensino de design e edição de proteínas. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [S. l.], p. 1-12, 2022. DOI: 10.51189/rema/3447. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/3447>. Acesso em: 28 mar. 2023.

HIGGINS, A. J.; LEES, P. The acute inflammatory process, arachidonic acid metabolism and the mode of action of anti-inflammatory drugs. **Equine Vet. J.** [Internet], v. 16, n. 3, p. 163-75, 1984 May. Disponível em: <https://beva.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2042-3306.1984.tb01893.x?sid=nlm%3A>. Acesso em: 18 jan. 2023.

JACQUIER, A.; BRIOT, M.; BARILLOT, G.; DEROO, O.; MONNIEN, F.; HURLLOT, Q.; FRENOIS, F. X.; AUBIN, F.; DEGANO, B.; REFFAY, C.; VALMARY-DEGANO, S. Discovering Pathology, un serious game dédié à la découverte de l'anatomopathologie pour les étudiants en médecine. **Ann. Pathol.** [Internet], v. 39, n. 2, p. 151-7, 2019 Apr. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0242649818301858>. Acesso em: 28 mar. 2023.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. Tecido conjuntivo. In: \_\_\_\_\_. **Histologia básica: texto e atlas**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. p.87-116.

KANTHAN, R.; SENGER, J. L. The impact of specially designed digital games-based learning in undergraduate pathology and medical education. **Arch. Pathol. Lab. Med.** [Internet], v. 135, n. 1, p. 135-42, 2011 Jan. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/aplm/article/135/1/135/461146/The-Impact-of-Specially-Designed-Digital-Games>. Acesso em: 28 mar. 2023.

KRISHNAMURTHY, K.; SELVARAJ, N.; GUPTA, P.; CYRIAC, B.; DHURAIRAJ, P.; ABDULLAH, A.; KRISHNAPILLAI, A.; LUGOVA, H.; HAQUE, M.; XIE, S.; ANG, E. T. Benefits of gamification in medical education. **Clin. Anat.** [Internet], v. 35, n. 6, p. 795-807, 2022 Sep. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ca.23916>. Disponível em: 27 mar. 2023.

KUMAR, V.; ABBAS, A. K.; FAUSTO, N.; ASTER J. C. Inflamação aguda e crônica. In: \_\_\_\_\_. **Robbins e Cotran, bases patológicas das doenças**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier., 2010. p. 43-77.

LIAO, H.; PENG, X.; GE, Y.; LIANG, Y.; YIN, Y.; LI, J.; LIN, L.; WANG, J.; LI, Y.; LI, L. Novel reactivation and degranulation of mast cells. **Biomed. Pharmacother.** [Internet], v. 127, p. 110157, 2020 Jul. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332220303498>. Acesso em: 28 mar. 2023.

PATTERSON, J. S.; STICKLE, J. E.; THOMAS, J. S.; SCOTT, M. A. An integrative and case-based approach to the teaching of general and systemic pathology. **J. Vet. Med. Educ.** [Internet], v. 34, n. 4, p. 409-15, 2007 Fall. Disponível em <https://jvme.utpjournals.press/doi/10.3138/jvme.34.4.409>. Acesso em: 19 jan. 2023.

PEREIRA, F. T. B.; BERNARDI, F. D. C.; POZZAN, G. Experiência no ensino de patologia em tempos de pandemia. **Rev. Bras. Educ. Med.** [Internet], v. 45, n. 4, p. e221, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/zgN8BhPBPC3z5wB5LkKZ3j>. Acesso em: 19 jan. 2023.

RABONI, E. M.; HASSUNUMA, R. M.; GARCIA, P. C.; MESSIAS, S. H. N. **Células do sangue e tecido conjuntivo**. 1. ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2020. Disponível em: <https://www.canal6livraria.com.br/pd-7290e5-celulas-do-sangue-e-tecido-conjuntivo.html?ct=18bb3e&p=1&s=1>. Acesso em: 17 jan. 2023.

URASSA, W.; LYAMUYA, E.; MHALU, F. Recent trends on bacterial resistance to antibiotics. **East. Afr. Med. J.** [Internet], v. 74, n. 3, p. 129-33, 1997 Mar. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/9185405>. Acesso em: 28 mar. 2023.