



ACESSO ABERTO

Data de Recebimento:

18/02/2024

Data de Aceite:

12/09/2024

Data de Publicação:

17/09/2024

***Autor correspondente:**

Renato Massaharu Hassunuma,
Doutorado em Odontologia (área
de concentração Biologia Oral),
Rua Luís Levorato, 140 - Chá-
caras Bauruenses, Bauru - SP,
17048-290. Telefone de contato:
(14) 3312-7000. E-mail: rhassu-
numa@gmail.com.

Citação:

HASSUNUMA, R.M et al.
Tuberspot: capacitação para o
diagnóstico da tuberculose usan-
do um jogo de ciência cidadã.
**Revista Multidisciplinar em
Educação e Meio Ambiente**,
v. 5, n. 3, 2024. [https://doi.
org/10.51161/integrar/rema/4325](https://doi.org/10.51161/integrar/rema/4325)

DOI: 10.51161/integrar/
rema/4325

Editora Integrar© 2024.

Todos os direitos reservados.

TUBERSPOT: CAPACITAÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO DA TUBERCULOSE USANDO UM JOGO DE CIÊNCIA CIDADÃ

Renato Massaharu Hassunuma a, Tamires Hingrid Sboldrim dos Santos a, Patrícia Carvalho Garcia a, Sandra Heloisa Nunes Messias b.

^a Universidade Paulista, Câmpus Bauru. Rua Luís Levorato, 140 - Chácaras Bauruenses, Bauru - SP, 17048-290.

^b Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Paraíso. Rua Vergueiro, 1211, 8º andar – Paraíso, São Paulo – SP, CEP: 01504-001.

RESUMO

Introdução: O *TuberSpot* é um jogo de ciência cidadã desenvolvido pela equipe do SpotLab, com o objetivo de capacitar pesquisadores e pessoas da comunidade não acadêmica na identificação do *Mycobacterium tuberculosis* em lâminas histológicas coradas pela técnica de Ziehl-Neelsen. **Objetivos:** Analisar o jogo TuberSpot no intuito de estimar possíveis pontos positivos e negativos de sua aplicação didática em sala de aula. **Material e métodos:** Os textos apresentados em espanhol nos menus Tutorial, Jogar e Pontuações do jogo foram traduzidos e a partir de várias partidas jogadas foram estimados os possíveis pontos positivos e negativos de sua utilização didática. **Resultados:** A partir da tradução dos menus do jogo e da análise de várias partidas foram verificados seis pontos positivos e seis pontos negativos, que podem facilitar ou dificultar o seu uso por professores e alunos. **Conclusões:** Embora o programa tenha apresentado algumas limitações como a instabilidade do programa, a disponibilidade apenas no idioma espanhol e a não explicação de resultados de identificação incorreta, a maioria dos problemas observados podem ser resolvidos com a supervisão de um professor durante a atividade. Vale ressaltar que, devido ao fato de ser um jogo de ciência cidadã, a sua utilização pode auxiliar na capacitação de mais profissionais e membros da comunidade não científica no diagnóstico da tuberculose. rmitam o desenvolvimento de novas animações e personalizações.

Palavras chaves: Tuberculose. *Mycobacterium tuberculosis*. Ensino. Jogos de computador.

ABSTRACT

Introduction: TuberSpot is a citizen science game developed by the SpotLab team, with the aim of training researchers and people from the non-academic community to identify *Mycobacterium tuberculosis* in histological slides stained using the Ziehl-Neelsen technique. **Objectives:** Analyze the TuberSpot game in order to estimate possible positive and negative points of its didactic application in the classroom. **Material and methods:** The texts presented in Spanish in the game's Tutorial, Play and Scores menus were

translated and, based on several games played, the possible positive and negative points of their didactic use were estimated. Results: From the translation of the game menus and the analysis of several games, six positive points and six negative points were verified, which can facilitate or hinder its use by teachers and students. Conclusions: Although the program presented some limitations such as program instability, availability only in Spanish and the failure to explain incorrect identification results, most of the problems observed can be resolved with the supervision of a teacher during the activity. It is worth mentioning that, due to the fact that it is a citizen science game, its use can help to train more professionals and members of the non-scientific community in the diagnosis of tuberculosis.

Keywords: Tuberculosis. Mycobacterium tuberculosis. Teaching. Video games.

1 INTRODUÇÃO

A tuberculose é uma doença causada pelo patógeno *Mycobacterium tuberculosis*, transmitida pelo ar, que afeta predominantemente os pulmões. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 85% dos pacientes com tuberculose são curados por meio de antibióticos por períodos de aproximadamente seis meses. Entretanto, a administração oral prolongada e em altas doses de medicamentos antituberculose causa efeitos colaterais significativos e aumenta a resistência bacteriana aos medicamentos (Ramachandran et al., 2023).

A tuberculose ainda representa um significativo problema de saúde pública no século XXI. Este fato se deve especialmente à resistência aos medicamentos, à coinfeção com doenças como a síndrome da imunodeficiência adquirida humana (aids) e a covid-19 causada pelo SARS-CoV2, bem como e aos protocolos de tratamento de longa duração e dispendiosos (Yang et al., 2023).

No Brasil, o coeficiente de mortalidade por tuberculose estava em uma redução lenta há aproximadamente duas décadas. Porém, em 2021, essa tendência se reverteu, quando foram registrados 5.072 óbitos (perfazendo um coeficiente de 2,38 óbitos por 100 mil habitantes). Em comparação com 2019, o aumento relativo ao número total de óbitos por tuberculose foi de 11,9%. Lembrando que a última vez que o Brasil registrou número de óbitos por tuberculose superior a 5 mil foi em 2002 (Ministério da Saúde, 2023).

Um dos métodos mais importantes de diagnóstico da tuberculose é a identificação do *Mycobacterium tuberculosis* por meio de microscopia corada por Ziehl-Neelsen. Assim, este é um teste bacteriológico crucial para a detecção do bacilo causador da doença, mas sua sensibilidade é baixa. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é recomendada a análise de 300 campos de visão para aumentar a sensibilidade do teste (Shah et al., 2017).

Vale ressaltar que o diagnóstico e o tratamento rápidos da tuberculose são essenciais para prevenir a transmissão da doença. No entanto, existe uma dificuldade no diagnóstico da tuberculose, principalmente devido às dificuldades na diferenciação entre pacientes com tuberculose ativa e indivíduos com lesões curadas, pacientes vacinados com *Mycobacterium bovis* BCG (*Bacillus Calmette Guerin*), e indivíduos não vacinados positivos para Manteux. A coloração de Ziehl-Neelsen continua sendo um método tradicional de diagnóstico assim como outros métodos como a coloração com fluorocromo, cultura de escarro, lavagem gástrica, além de outros métodos não tradicionais. Ressalta-se também que o teste tuberculínico, usado no diagnóstico da tuberculose há mais de 85 anos, possui interpretação difícil devido a sua sensibilização com micobactérias não tuberculosas, o que leva a testes falso-positivos (Garg et al., 2003).

No intuito de treinar jogadores para o diagnóstico bacteriológico da tuberculose, uma equipe de pesquisadores do SpotLab desenvolveu o jogo TuberSpot com o cofinanciamento de diversas entidades: Universidade Técnica de Madrid, Fundação Ahoska, Centro de Investigação Biomédica (CIBER-BBN) e Fundação Espanhola para a Ciência e Tecnologia – Ministério da Economia e Competitividade. Neste jogo, o objetivo principal é que os jogadores aprendam a localizar os bacilos *Mycobacterium tuberculosis*. Nas partidas, os usuários devem localizar os bacilos em tecidos corados pela técnica de coloração de Ziehl-Neelsen (TuberSpot, 2024).

Desta forma, o objetivo principal da atual pesquisa é realizar uma análise do jogo TuberSpot no intuito de desenvolver um material didático para que professores e alunos possam utilizar o jogo em sala de aula. Por meio da capacitação de mais pessoas da comunidade acadêmica e não acadêmica, mais membros poderão usar o programa computacional, recebendo treinamento para o diagnóstico bacteriológico da tuberculose.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo refere-se a uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, de abordagem narrativa, realizada em fevereiro a junho de 2023. Seu objetivo é explicativo, visando analisar e apresentar propostas didáticas para o jogo TuberSpot no ensino e treinamento da identificação do *Mycobacterium tuberculosis* pelo método de coloração de Ziehl-Neelsen.

O TuberSpot corresponde a um jogo de computador educacional, de ciência cidadã, sendo possível ser jogado on-line no navegador de internet, ou em celulares com as plataformas Android e IOS.

Inicialmente, foram traduzidos os textos apresentados nos menus, tutoriais e nas janelas de texto do jogo. Estes textos estão originalmente disponíveis apenas em espanhol. As traduções foram reproduzidas neste artigo para facilitar a sua utilização em sala de aula por professores e alunos.

Em seguida foram jogadas várias partidas do jogo para analisar o contexto didático, incluindo a estimativa de possíveis pontos positivos e negativos da utilização do jogo em sala de aula. Desta forma, antes de aplicar a atividade em sala de aula, o professor poderá compreender melhor a utilização do jogo e analisar a sua aplicabilidade da atividade proposta dentro de sua realidade local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado anteriormente, o jogo TuberSpot pode ser usado no navegador de internet ou em celulares com os sistemas operacionais Android e IOS. O acesso pela internet pode ser feito pelo link: <https://game.tuberspot.org/>. Embora o site com informações sobre o jogo (link: <https://tuberspot.org/en/>) esteja disponível nos idiomas inglês e espanhol, o jogo em si só é apresentado em espanhol.

No Menu Principal (Figura 1), existem três botões disponíveis: Jugar (Jugar) (a), Tutorial (Tutorial) (b) e Pontuações (Pontuaciones) (c). Assim, com o intuito de facilitar a compreensão do jogo, sugere-se que, para sua utilização em sala de aula, seja inicialmente apresentado o seu tutorial (Menu Tutorial). A seguir, o professor pode conduzir algumas partidas com os alunos (Menu Jugar), e por fim, o desempenho dos alunos pode ser comparado por meio das pontuações dos mesmos (Menu Pontuaciones). Desta forma, os três menus mencionados anteriormente serão apresentados separadamente a seguir.

Figura 1 – Menu principal do jogo TuberSpot




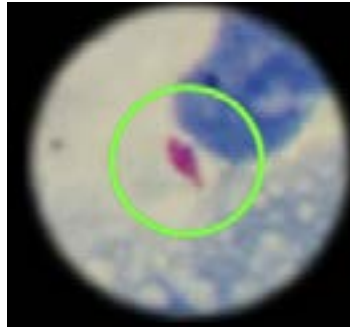
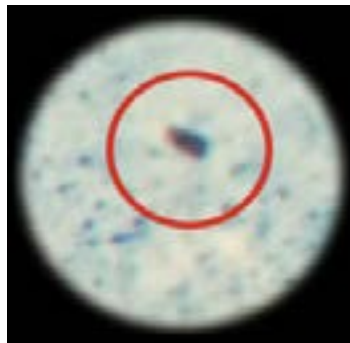

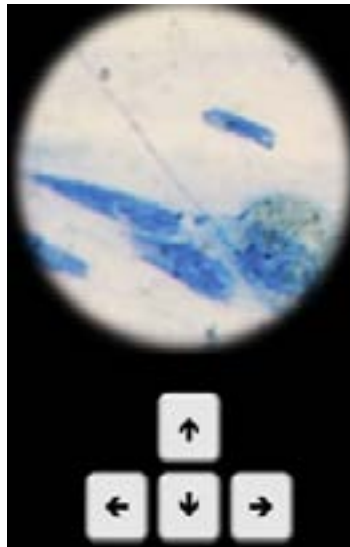
Fonte: TuberSpot, 2024.

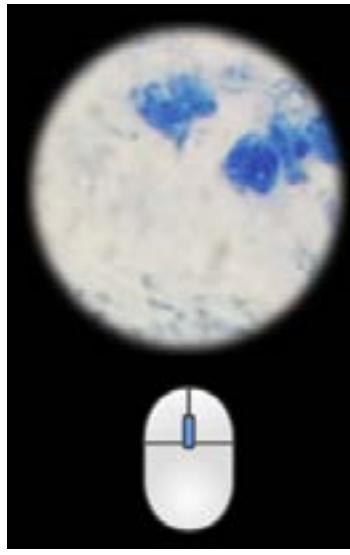
3.1 Menu Tutorial

Após entrar no site do TuberSpot (link: <https://game.tuberspot.org/>), clique em “Tutorial”. Os textos apresentados neste menu estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Menu Tutorial

Texto original	Texto traduzido	Figura apresentada
<i>¿Cómo se diagnostica la tuberculosis? Se examina al microscopio una muestra de esputo, fluido que expulsamos al toser, en busca de las bacterias que causan la enfermedad. ¡ Aprende a reconocer estas bacterias!</i>	Como é diagnosticada a tuberculose? Uma amostra de escarro, um líquido que tossiu, é examinada sob um microscópio para as bactérias que causam a doença. Aprenda a reconhecer essas bactérias!	-
<i>Fijate bien, son de color rosa, finos y alargados.</i>	Olhe bem, eles são rosa, finos e alongados.	

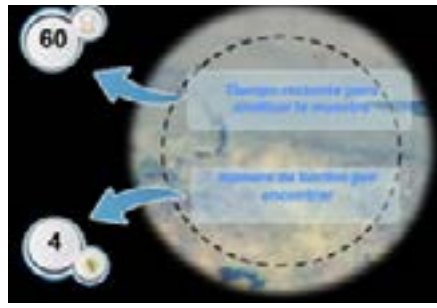
<p><i>¡Ten cuidado! Lo que sea rosa pero no tenga forma fina y alargada no son bacilos. Los llanaremos “guarratos”.</i></p>	<p>Tenha cuidado! Tudo o que é rosa, mas não é fino e alongado em forma não é bacilo. Vamos chamá-los de “artefatos”.</p>	
<p><i>Véamos si sabes distinguirlos. ¿Estou es un bacilo o un guarra-to? ¡Haz click en la respuesta!</i></p>	<p>Vamos ver se você sabe diferenciá-los. É um bacilo ou um artefato? Clique na resposta! bacilo ou artefato. *Resposta: Artefato</p>	
<p><i>Muy bien, ¿y este?</i></p>	<p>Muito bom. E este? *Resposta: Bacilo</p>	
<p>Puedes moverte por la muestra acercando el raton hacia los bordes del circulo, usando las flechas del teclado ó las teclas W,A,S y D.</p>	<p>Você pode se mover pela amostra movendo o mouse para as bordas do círculo, usando as teclas de seta do teclado ou as teclas w, a, s e d.</p>	

<p>Para hacer zoom usa la rueda del raton.</p>	<p>Para ampliar, use a roda do mouse.</p>	
<p>¡Buen trabajo! Ahora que sabes lo básico, puedes empezar a diagnosticar.</p>	<p>Muito bom trabalho! Agora que você já sabe o básico, pode começar a diagnosticar.</p>	<p>-</p>

3.2 Menu Jogar

Após explorar o tutorial do jogo, professores e alunos podem resolver algumas partidas clicando em “Jogar” na página inicial do jogo (link: <https://game.tuberspot.org/>) ou caso, estejam analisando o tutorial, o usuário é automaticamente direcionado para a primeira partida do jogo, sem necessidade de retornar ao Menu Jogar (Jogar). Os textos apresentados neste menu estão apresentados no Quadro 2.

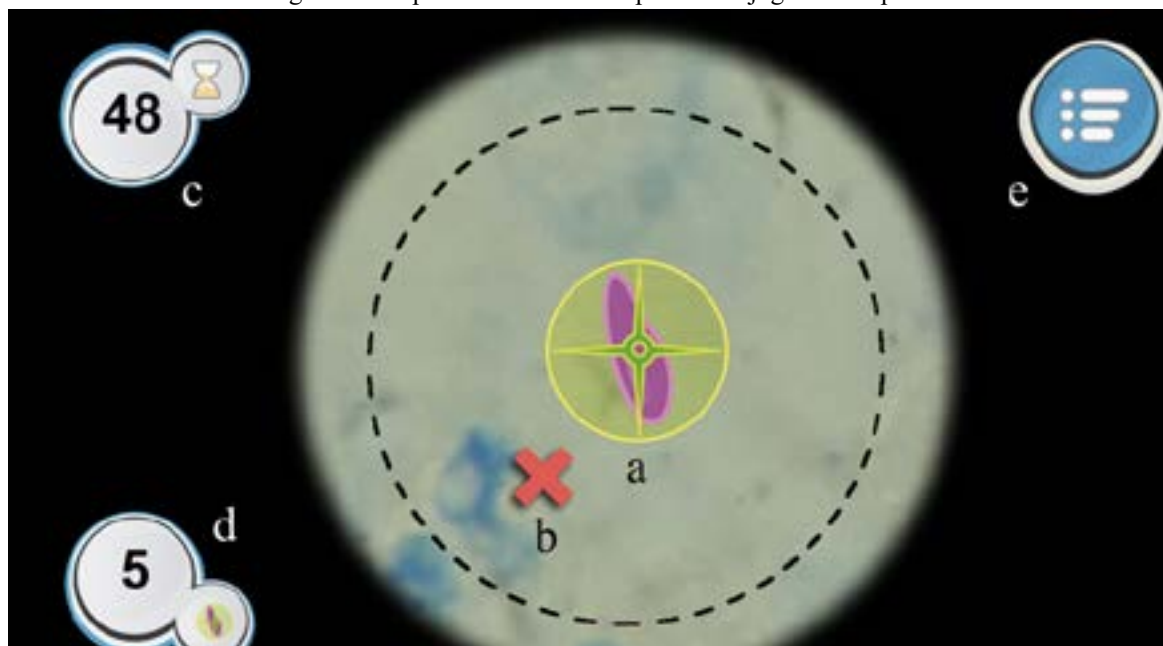
Quadro 2 – Menu Jogar

Texto original	Texto traduzido	Figura apresentada
<p>Busca los bacilos y márcalos.</p>	<p>Procure os bacilos e marque-os.</p>	<p>-</p>
<p>Tiempo restante para analizar la muestra Número de bacilos encontrados.</p>	<p>Tempo restante para analisar a amostra. Número de bacilos encontrados.</p>	
<p>Ahora vas a diagnosticar muestras en las que no te podemos decir dónde están los bacilos. ¡Tampoco lo sabemos nosotros!</p>	<p>Agora você vai diagnosticar amostras nas quais não podemos dizer onde estão os bacilos. Nós também não sabemos!</p>	<p>-</p>

Fonte: Autores, 2024.

O programa apresenta alta jogabilidade, ou seja, é fácil e intuitivo de se jogar, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Captura de tela de uma partida do jogo TuberSpot

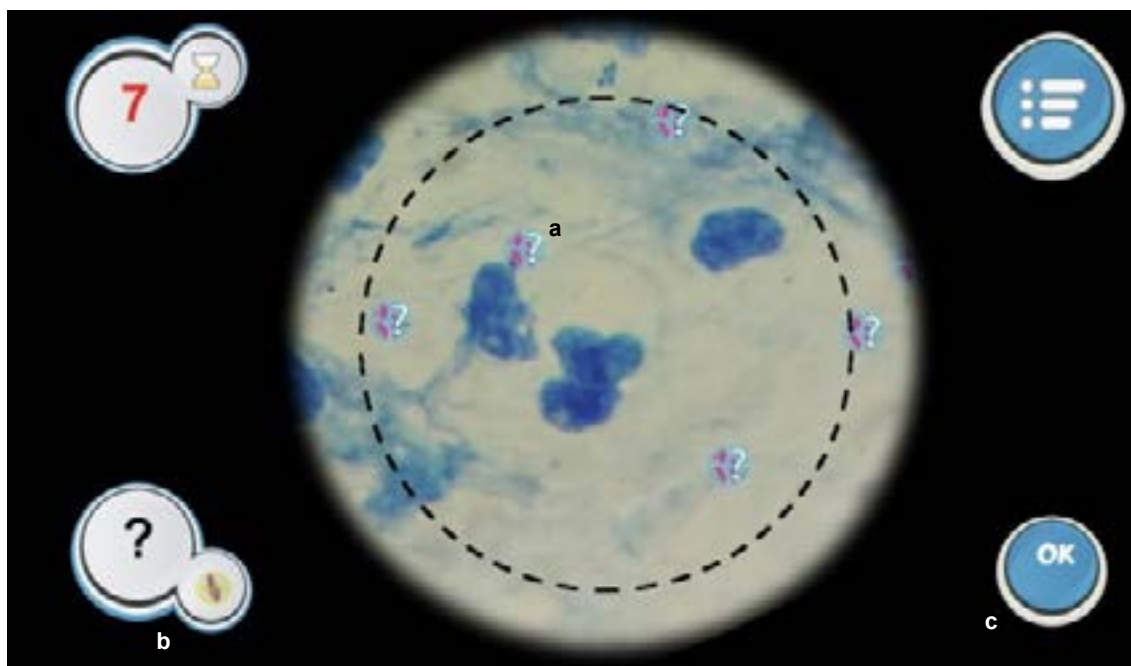


Fonte: TuberSpot, 2024.

Observe na Figura 2, que ao clicar corretamente em um *Mycobacterium tuberculosis* é exibido um ícone indicativo de acerto (desenho de uma bactéria marcada) (a). Ao clicar em um artefato ou outra estrutura que não seja o bacilo da tuberculose, é exibido um “x” em vermelho (b), que indica que o jogador errou na identificação. São exibidos também um cronômetro (c), o número de bactérias a serem identificadas (d) e um ícone (e), que permite encerrar o jogo ou acessar o Menu de Ajuda do jogo.

Entre algumas partidas do jogo, o usuário é convidado a identificar bactérias em imagens que ainda não foram analisadas pelos programadores. Os resultados são enviados para o servidor para análise.

Figura 4 – Identificação de bactérias em imagens não analisadas previamente



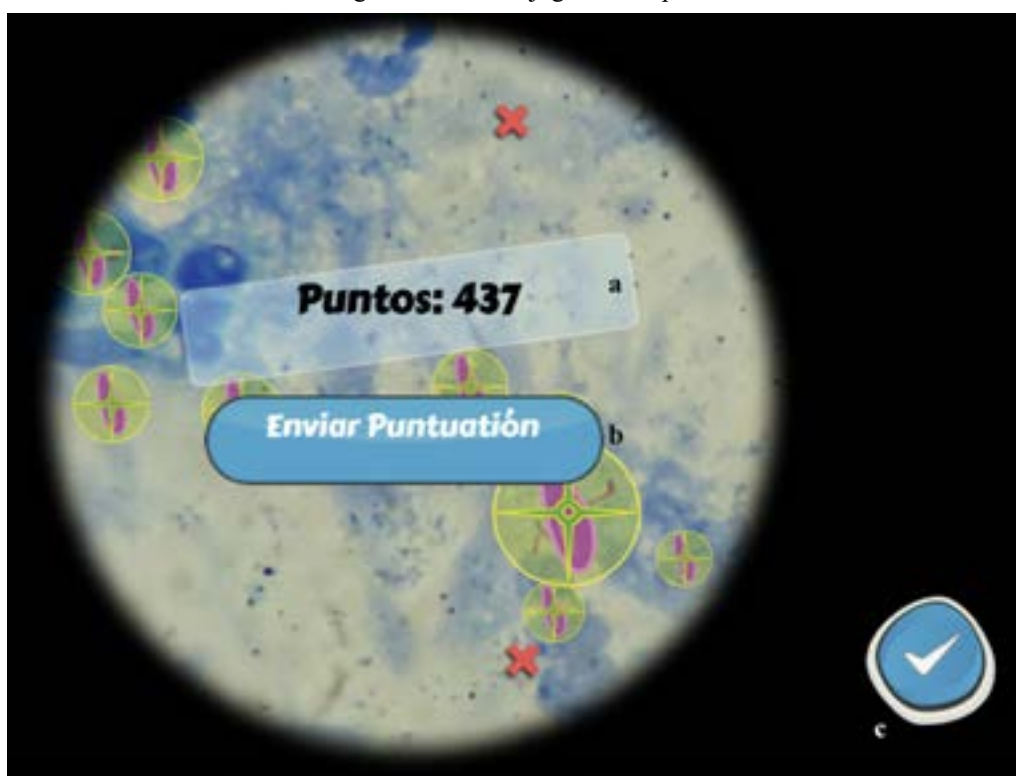
Fonte: TuberSpot, 2024.

Observe que neste caso, as imagens que o usuário marcou como *M. tuberculosis* são identificadas com um ícone com ponto de interrogação (a). Verifique que neste caso, o programa não informa o número de bactérias a serem identificadas (b). Quando o usuário concluir de marcar todas bactérias que ache ser pertinente, o mesmo deve clicar no botão OK (c) para encerrar a partida.

A forma de pontuação do jogo não é clara, mas percebe-se que é considerado o tempo gasto, o número de acertos e erros do jogador. Caso o jogador consiga identificar corretamente todos os bacilos, o mesmo é direcionado para uma nova imagem. Este jogo não apresenta um fim, sendo o limite determinado pela própria capacidade do usuário em identificar todas imagens de *M. tuberculosis* possíveis dentro do tempo estipulado.

Caso o jogador não consiga identificar todas bactérias dentro do tempo pré-estabelecido (que geralmente é de 59 segundos ou menos) (Figura 3), o jogo exibe a pontuação do jogador (a) e um botão para o Envio da Pontuação (Enviar Puntuación) (b). Caso o usuário não deseje enviar a pontuação, basta clicar no ícone de checagem (c) para retornar ao Menu Principal.

Figura 3 – Fim do jogo TuberSpot



Fonte: TuberSpot, 2024.

3.3 Menu Pontuações

Após realizar uma partida, o jogador, caso assim deseje, pode optar por publicar sua pontuação em uma lista diária no site (Figura 4).

Figura 4 – Menu Pontuações



Fonte: TuberSpot, 2024.

3.4 A Aprendizagem Baseada em Jogos e os pontos positivos e negativos do jogo

A aprendizagem baseada em jogos corresponde a um tipo de metodologia ativa amplamente usada, especialmente devido ao seu potencial para o ensino, a motivação e principalmente o envolvimento dos alunos, uma vez que se aproxima da realidade moderna dos alunos (Zheng, 2023).

Pesquisas indicam que a aprendizagem baseada em jogos seja uma intervenção bastante promissora quando aplicada no intuito de melhorar o diagnóstico médico, além disso, costuma ser bem recebida por profissionais da Área da Saúde e pode ser facilmente disseminada em programas de formação médica (Morgan et al., 2024).

Dentro do contexto da aprendizagem baseada em jogos, o TuberSpot pode ser classificado como um jogo sério, uma vez que foi concebido especificamente para fins educativos. Estes tipos de jogos são uma ferramenta emergente de ensino e aprendizagem na educação médica, que podem ser usados para facilitar o aprendizado ou demonstrar conceitos complexos por meio de curtos períodos de aprendizado interativo (Edwards et al., 2023).

Entretanto, assim como outras estratégias didáticas, os jogos podem apresentar várias vantagens e desvantagens em sua utilização. Após analisar o jogo TuberSpot, foi possível verificar alguns pontos positivos e negativos, os quais estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 2 – Pontos positivos e negativos observados no Jogo TuberSpot.

Pontos positivos	Pontos negativos
Programa é gratuito.	Disponível apenas no idioma espanhol.
Disponível para ser usado em computadores e celulares com sistemas operacionais mais comumente usados (Windows, IOS, Android).	Jogo não pode ser instalado em celulares com algumas versões mais atuais do Android
O jogo não requer compras ou assinaturas.	Necessidade de laboratório de informática com internet disponível ou uso de celulares de alunos.
Alta jogabilidade, sendo fácil de ser utilizado inclusive por pessoas que não possuam muito conhecimento biológico ou em informática.	Programa mostrou certa instabilidade em algumas partidas, havendo o encerramento precoce do jogo ou direcionamento para outras páginas.

As partidas são rápidas e assim, podem ser facilmente encaixadas durante o período de aulas.	Durante a partida, o aluno sem monitoramento de um professor ou supervisor não é capaz de saber porque identificou uma estrutura ou artefato incorretamente.
A partir da utilização do jogo, mais pessoas da comunidade acadêmica ou de fora do meio científico podem ser treinadas e capacitadas a identificar as bactérias causadoras da tuberculose.	A aprendizagem é confinada apenas à bactéria <i>M. tuberculosis</i> , sendo que outras estruturas observadas nas lâminas como células e outros tipos bacterianos não são foco de ensino.

Fonte: Autores, 2024.

Em detrimento aos pontos positivos e negativos, vale ressaltar que independentemente das opiniões variadas dos usuários e das limitações inerentes ao jogo, o TuberSpot é um programa de significativa importância para o meio científico, pois corresponde a um exemplo de jogo de ciência cidadã, uma vez que visa utilizar a inteligência e o processamento de dados gerados por multidões de jogadores on-line com o objetivo de solucionar problemas científicos (Kwak et al., 2013).

A crescente utilização da aprendizagem baseada em jogos como uma abordagem didática inovadora ocorre por conta de seu potencial significativo para aprimorar a competência dos profissionais de saúde (Allan et al., 2024). Entretanto, para que um jogo educacional seja bem sucedido são necessários alguns fatores como: o jogo deve corresponder aos objetivos educacionais, o professor deve introduzir a gamificação no processo de concepção curricular e na metodologia de ensino, e o programador deve dar igual importância à mecânica e aos elementos do jogo (Wang et al., 2024).

Vale lembrar também que a utilização de jogos educacionais pode apresentar algumas limitações. A principal dela refere-se à criação de um jogo educativo específico para uma disciplina, pois constitui uma tarefa dispendiosa e demorada, demandando conhecimentos especializados relacionados ao conteúdo a ser abordado e principalmente da área de programação (Low; Lim, 2023).

Desta forma, a divulgação deste jogo para mais professores e alunos pode capacitar novos membros da comunidade acadêmica e da sociedade civil no diagnóstico da tuberculose por meio de cortes histológicos corados pelo método de coloração de Ziehl-Neelsen. Além disso, os resultados do jogo enviado para os produtores do programa poderão futuramente auxiliar no desenvolvimento de novos programas computacionais que poderão usar recursos como a inteligência artificial para o diagnóstico da tuberculose.

4 CONCLUSÕES

A partir da análise do TuberSpot, foi possível observar que este jogo de ciência cidadã pode ser uma importante ferramenta didática na capacitação de novos membros da comunidade científica ou pessoas da população em geral na identificação de bacilos da tuberculose em lâminas histológicas coradas pela técnica de Ziehl-Neelsen.

Desta forma, a produção de um material no idioma português poderá contribuir para que mais usuários brasileiros conheçam o jogo, e assim, possam contribuir com a força-tarefa global especializada de jogadores remotos capazes de realizar diagnósticos on-line. Assim, a partir do crescimento do número de jogadores, a empresa poderá usar os resultados coletados no jogo para desenvolver novos jogos on-line alimentados por inteligência artificial capazes de minimizar o tempo necessário de diagnóstico médico

do exame em questão. Além disso, o aumento do número de jogadores e de resultados também poderá contribuir para o desenvolvimento futuro de novos sistemas de telediagnóstico para um diagnóstico mais rápido.

Entretanto, a principal limitação observada foi a falta de explicações no diagnóstico incorreto de estruturas microscópicas que não correspondem ao bacilo *M. tuberculosis*. Por isso, a importância de um professor da área acompanhando os alunos durante as partidas do jogo. Assim, é possível que com o desenvolvimento de novos programas semelhantes, utilizando recursos de inteligência artificial, possa haver um monitoramento do desempenho dos jogadores para que eles possam ser melhor treinados, especialmente ao cometerem erros de diagnóstico.

CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLAN, R.; MCCANN, L.; JOHNSON, L.; DYSON, M.; FORD, J. A systematic review of 'equity-focused' game-based learning in the teaching of health staff. **Public Health Pract. (Oxf)**, v. 7, p. 100462, 2023 Dec. 27. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10820634/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

EDWARDS, S.; SWAMY, L.; COSIMINI, M.; WATSJOLD, B.; CHAN, T. M. Educator's blueprint: A how-to guide for creating analog serious games for learning in medical education. **A. E. M. Educ. Train.**, v. 7, n. 6, p. e10907, 2023 Nov. 29. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10685402/>. Acesso em: 03 fev. 2024.

GARG, S. K.; TIWARI, R. P.; TIWARI, D.; SINGH, R.; MALHOTRA, D.; RAMNANI, V. K.; PRASAD, G. B.; CHANDRA, R.; FRAZIANO, M.; COLIZZI, V.; BISEN, P. S. Diagnosis of tuberculosis: available technologies, limitations, and possibilities. **J. Clin. Lab. Anal.**, v. 17, n. 5, p. 155-63, 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6807935/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

KWAK, D.; KAM, A.; BECERRA, D.; ZHOU, Q.; HOPS, A.; ZAROOR, E.; KAM, A.; SARMENTA, L.; BLANCHETTE, M.; WALDISPÜHL, J. Open-Phylo: a customizable crowd-computing platform for multiple sequence alignment. **Genome Biol.**, v. 14, n. 10, p. R116, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4014878/>. Acesso em: 4 jan. 2024.

LOW, P. Y.; LIM, G. B. Scientific articulation during collaborative digital game-based learning enhances learning of immunology. **Immunohorizons**, v. 7, n. 11, p. 718-28, 2023 Nov. 1. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10695416/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim epidemiológico: tuberculose 2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/especiais/2023/boletim-epidemiologico-de-tuberculose-numero-especial-mar.2023>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MORGAN, D. J.; SCHERER, L.; PINELES, L.; BAGHDADI, J.; MAGDER, L.; THOM, K.; KOCH, C.; WILKINS, N.; LEGRAND, M.; STEVENS, D.; WALKER, R.; SHIRRELL, B.; HARRIS, A. D.; KORENSTEIN, D. Game-based learning to improve diagnostic accuracy: a pilot randomized-controlled trial. **Diagnosis (Berl)**, 2024 Jan. 30. No prelo. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/>

doi/10.1515/dx-2023-0133/html. Acesso em: 02 fev. 2024.

RAMACHANDRAN, S.; PRAKASH, P.; MOHTAR, N.; KUMAR, K. S.; PARUMASIVAM, T. Review of inhalable nanoparticles for the pulmonary delivery of anti-tuberculosis drugs. **Pharm. Dev. Technol.**, v. 28, n. 10, p. 978-91, 2023 Dec. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10837450.2023.2279691>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SHAH, M. I.; MISHRA, S.; YADAV, V. K.; CHAUHAN, A.; SARKAR, M.; SHARMA, S. K.; ROUT, C. Ziehl-Neelsen sputum smear microscopy image database: a resource to facilitate automated bacilli detection for tuberculosis diagnosis. **J. Med. Imaging (Bellingham)**, v. 4, n. 2, p. 027503, 2017 Apr. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5492794/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

TUBERSPOT. Disponível em: <https://tuberspot.org/es/about/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

WANG, Y. F.; HSU, Y. F.; FANG, K. T.; KUO, L. T. Gamification in medical education: identifying and prioritizing key elements through Delphi method. **Med. Educ. Online.**, v. 29, n. 1, p. 2302231, 2024 Dec. 31. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10778414/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

YANG, J.; ZHANG, L.; QIAO, W.; LUO, Y. Mycobacterium tuberculosis: pathogenesis and therapeutic targets. **MedComm (2020)**, v. 4, n. 5, p. e353, 2023 Sep. 4. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10477518/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

ZHENG, Y.; ZHANG, J.; LI, Y.; WU, X.; DING, R.; LUO, X.; LIU, P.; HUANG, J. Effects of digital game-based learning on students' digital etiquette literacy, learning motivations, and engagement. **Heliyon**, v. 10, n. 1, p. e23490, 2023 Dec. 9. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10767371/>. Acesso em: 03 fev. 2024.