OBJN
Online Brazilian Journal of Nursing
ISSN: 1676 - 4285 | www.objnursing.uff.br

Envío: 19-Jun-2026
Aprobado: 19-Ago-2026

CONSTRUCCIÓN DE UN *SERIOUS GAME* SOBRE HERIDAS CRÓNICAS CON SOPORTE DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ESTUDIO METODOLÓGICO*

CONSTRUÇÃO DE *SERIOUS GAME* SOBRE FERIDAS CRÔNICAS COM SUPORTE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ESTUDO METODOLÓGICO

CONSTRUCTION OF A SERIOUS GAME ON CHRONIC WOUNDS SUPPORTED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A METHODOLOGICAL STUDY

Raphael Monteiro de Oliveira[1,2] ORCID: 0000-0002-4321-2316
Júlia Queiroz de Morais[1] ORCID: 0009-0007-0742-2512
Pedro Miguel Santos Dinis Parreira[2] ORCID: 0000-0002-3880-6590
Verónica Rita Dias Coutinho[2] ORCID: 0000-0001-8073-4562
Bruna Maiara Ferreira Barreto Pires[1] ORCID: 0000-0002-5584-8194

[1] Universidade Federal Fluminense, Escola de Enfermagem Aurora de Afonso Costa. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
[2] Universidade de Coimbra, Escola Superior de Enfermagem da Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.

Cómo citar: Oliveira RM, Morais JQ, Parreira PMSD, Coutinho VRD, Pires BMFB. Construction of a serious game on chronic wounds supported by artificial intelligence: a methodological study. Online Braz J Nurs. 2026;25(Suppl1):e20267067. https://doi.org/10.17665/1676-4285.20267067

RESUMO

Objetivo: Descrever a construção de um *serious game* voltado ao ensino de enfermagem no cuidado a pessoas com feridas crônicas, desenvolvido com apoio da inteligência artificial generativa, sob supervisão e responsabilidade científica dos autores. **Método:** Estudo metodológico, focado na fase de construção tecnológica, fundamentado nas etapas de Análise, Design e Desenvolvimento do modelo ADDIE e no *Design Thinking*. A engenharia do código em *React.js* foi realizada pela equipe de investigadores com apoio da inteligência artificial generativa no ambiente *CodeSandbox*, com armazenamento no *Firebase*. O delineamento incluiu a aprovação ética no Brasil e em Portugal para a subsequente etapa de validação por juízes especialistas e avaliação por acadêmicos de enfermagem. **Resultados:** O simulador consolidou-se em uma arquitetura de tela única estruturada em quatro módulos operacionais. O sistema integra chaves interativas para internacionalização transcultural entre Brasil e Portugal, gerenciamento de estímulos cromáticos, nos modos *Dark*/*Light*, sonoros, mecânica de randomização de cenários e *feedback* imediato baseado em evidências a cada acerto ou erro cometido. **Conclusão:** O estudo demonstra que o enfermeiro pode liderar a produção de tecnologias digitais, entregando uma ferramenta prática, autônoma e transcultural voltada ao ensino de enfermagem.
Descritores: Gamificação; Informática em Enfermagem; Inteligência Artificial; Ferimentos e Lesões; Tecnologia Educacional.

ABSTRACT

Objective: To describe the construction of a serious game aimed at nursing education in the care of people with chronic wounds, developed with the support of generative artificial intelligence, under the supervision and scientific responsibility of the authors. **Method:** A methodological study focusing on the technological construction phase, grounded in the Analysis, Design, and Development stages of the ADDIE model and Design Thinking. Code engineering in React.js was performed by the research team with the support of generative artificial intelligence in the CodeSandbox environment, with storage on Firebase. The design included ethical approval in Brazil and Portugal for the subsequent validation stage by expert judges and evaluation by nursing students. **Results:** The simulator was consolidated into a single-screen architecture structured into four operational modules. The system integrates interactive keys for cross-cultural adaptation between Brazil and Portugal, management of chromatic stimuli (in Dark/Light modes) and sound stimuli, scenario randomization mechanics, and immediate evidence-based feedback for each correct or incorrect action. **Conclusion:** The study demonstrates that nurses can lead the production of digital technologies, delivering a practical, autonomous, and cross-cultural tool aimed at nursing education.
Descriptors: Gamification; Nursing Informatics; Artificial Intelligence; Wounds and Injuries; Educational Technology.

RESUMEN

Objetivo: Describir la construcción de un *serious game* enfocado en la enseñanza de enfermería para el cuidado de personas con heridas crónicas, desarrollado con el apoyo de inteligencia artificial generativa, bajo la supervisión y la responsabilidad científica de los autores. **Método:** Estudio metodológico, centrado en la fase de construcción tecnológica, fundamentado en las etapas de Análisis, Diseño y Desarrollo del modelo ADDIE y en el *Design Thinking*. La ingeniería del código en React.js fue realizada por el equipo de investigadores con el soporte de inteligencia artificial generativa en el entorno *CodeSandbox*, con almacenamiento en *Firebase*. El diseño incluyó la aprobación ética en Brasil y Portugal para la posterior etapa de validación por jueces expertos y evaluación por estudiantes de enfermería. **Resultados:** El simulador se consolidó en una arquitectura de pantalla única estructurada en cuatro módulos operativos. El sistema integra claves interactivas para la adaptación transcultural entre Brasil y Portugal, gestión de estímulos cromáticos (en modos *Dark/Light*) y sonoros, mecánica de aleatorización de escenarios y *feedback* inmediato basado en evidencias ante cada acierto o error cometido. **Conclusión:** El estudio demuestra que el enfermero puede liderar la producción de tecnologías digitales, entregando una herramienta práctica, autónoma y transcultural orientada a la enseñanza de enfermería.
Descriptores: Gamificación; Informática Aplicada a la Enfermería; Inteligencia Artificial; Heridas y Lesiones; Tecnología Educacional.

Editores:
Rosimere Ferreira Santana (ORCID: 0000-0002-4593-3715)
Geilsa Soraia Cavalcanti Valente (ORCID: 0000-0003-4488-4912)

Editora:
Escola de Enfermagem Aurora de Afonso Costa – UFF
Rua Dr. Celestino, 74 – Centro, CEP: 24020-091 – Niterói, RJ, Brasil
Correo electrónico de la revista: objn.cme@id.uff.br

Autor correspondiente:
Raphael Monteiro de Oliveira
Correo electrónico: raphaelmonteiro@id.uff.br

Lo que ya se sabe:

- El desarrollo de tecnologías educacionales digitales en enfermería tradicionalmente demanda elevados costos financieros y la contratación de amplios equipos de programación.
- Los juegos interactivos basados en simulación clínica, asociados a un *feedback* inmediato, constituyen herramientas eficaces para la capacitación de estudiantes.

Lo que este artículo aporta:

- El uso de inteligencia artificial generativa, guiada por directrices y comandos del enfermero, democratiza la construcción de aplicaciones educacionales y reduce los costos operativos.
- El simulador se consolida como una herramienta pedagógica transcultural capaz de uniformar el aprendizaje clínico sobre heridas crónicas entre estudiantes de Brasil y Portugal.

INTRODUCCIÓN

La inserción de la Inteligencia Artificial (IA) en la salud representa una nueva fase en la formación en enfermería y redefine su utilización como extensión de la creatividad pedagógica inherente al ser humano. Lejos de limitarse a la automatización de tareas repetitivas, la IA surge como un recurso con potencial transformador, capaz de optimizar de forma integrada tanto los complejos flujos de trabajo como las prácticas y los procesos educativos que caracterizan a la profesión[1].

Dentro de este panorama, que parte de la literatura denomina Cuarta Revolución Industrial, los estudios señalan que la diseminación de la IA ha ido reconstruyendo las estructuras y la propia prestación de cuidados en salud, lo que exige del enfermero un posicionamiento crítico, proactivo y de constante perfeccionamiento en relación con su formación tecnológica[2].

Esta transición digital ha impulsado un cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje, desplazando el eje pedagógico —históricamente fundamentado en modelos tradicionales, pasivos y centrados en la figura del docente— hacia enfoques de aprendizaje activo. Es en este escenario donde cobran protagonismo los *serious games*: aplicaciones estructuradas que utilizan la interactividad con el propósito de educar, entrenar habilidades técnicas y desarrollar el juicio clínico, distanciándose del mero entretenimiento[3].

Estas herramientas operan de manera estratégica mediante mecanismos de *feedback* inmediato, sistemas de recompensa y desafíos de complejidad progresiva, los cuales incrementan el tiempo de compromiso del alumno con el material didáctico y, en consecuencia, amplían la retención del conocimiento clínico[1,4].

En el ámbito de la enfermería, un área que requiere atención prioritaria es la gestión de heridas crónicas. La literatura caracteriza estas lesiones como una "epidemia silenciosa" que ejerce un impacto financiero y asistencial expresivo sobre los sistemas de salud[5]. Este escenario torna urgente el desarrollo de estrategias educacionales innovadoras que preparen a los futuros profesionales para la toma de decisiones ágiles y asertivas en el cuidado de estas personas.

Ante esta necesidad, al asociar directrices clínicas y manuales a la flexibilidad de escenarios virtuales interactivos, se vuelve posible convertir el estudio pasivo en experiencias dinámicas de toma de decisiones en tiempo real, dado que las simulaciones ofrecen beneficios significativos en la adquisición de conocimientos y en la preservación de la seguridad del paciente[1].

Este enfoque metodológico permite que el estudiante evalúe las consecuencias de sus elecciones y ajuste su conducta en un entorno estrictamente controlado, lo que mitiga la ansiedad académica y fortalece la autoconfianza indispensable para la futura asistencia al pie de la cama[1,3].

A pesar del amplio reconocimiento científico acerca de la eficacia de los juegos en la educación superior, la implementación y el desarrollo de estas herramientas tropiezan con barreras operacionales severas en el cotidiano de las instituciones. Frecuentemente, la creación de estas soluciones demanda inversiones financieras elevadas, plazos de ejecución extensos y la mediación obligatoria de equipos multidisciplinarios de programación[3,6].

Frente a estos desafíos, la IA se consolida como un elemento impulsor, permitiendo que el propio enfermero asuma la gestión de la arquitectura del *software* y traduzca sus premisas pedagógicas en códigos lógicos. Aunque la incorporación de la IA en la academia aún representa un desafío metodológico en consolidación[6], su utilización como soporte directo al docente llena un vacío crítico, asegurando rigor científico y fidelidad pedagógica desde la génesis de su construcción.

De este modo, el desarrollo de simuladores de decisión gamificados —fruto de la convergencia entre la experiencia clínica humana y la agilidad algorítmica— materializa un avance metodológico relevante. Dicha estrategia no solo personaliza la trayectoria de aprendizaje, sino que también fomenta el dominio seguro de protocolos complejos a través de una ruta fundamentada y con mitigación de riesgos reales[6].

Se destaca, sin embargo, que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el proceso creativo no transfiere a estos sistemas la autoría, la creatividad o la responsabilidad científica por el producto desarrollado. La tecnología actúa en la traducción de instrucciones humanas en código y contenido estructurado, pero la concepción pedagógica, la validación de la pertinencia clínica y la responsabilidad integral por el material permanecen bajo la gobernanza del enfermero, detentor del saber técnico y científico del área.

Ante lo expuesto, este estudio tiene como objetivo describir la construcción de un *serious game* enfocado en la enseñanza de enfermería para el cuidado de personas con heridas crónicas, desarrollado con el apoyo de inteligencia artificial generativa, bajo la supervisión y la responsabilidad científica de los autores.

MÉTODO

Diseño del estudio y fundamentación

La presente investigación integra las etapas de un estudio metodológico enfocado en la construcción y validación de un *serious game*, titulado "*Studyferida*", dirigido al perfeccionamiento del juicio clínico de estudiantes de enfermería en el cuidado de personas con heridas crónicas.

Metodológicamente, se definió que la dinámica de la tecnología ocurriría en formato de *quiz* interactivo, en el que cada situación clínica presentada al estudiante contendría cuatro alternativas de respuesta, siendo solo una correcta. Se reconoce la existencia de diferentes referenciales metodológicos destinados al desarrollo y a la validación de tecnologías en salud; sin embargo, se optó por la asociación entre el *Design Thinking* y el modelo ADDIE (*Analysis*, *Design*, *Development*) como referencial estructurante, debido a su adecuación a las etapas de concepción, proyecto y desarrollo descritas en este estudio.

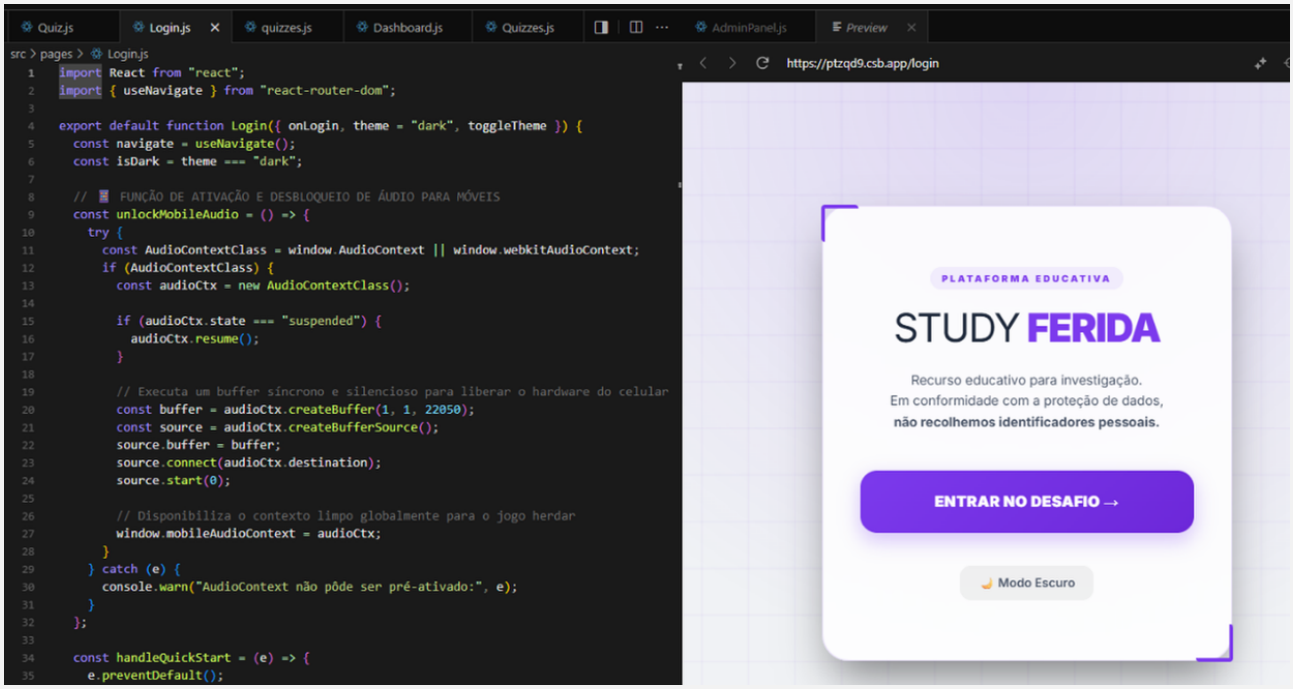
El proceso de construcción se fundamentó en la integración entre el conocimiento teórico estructurado y los modelos participativos de soporte al diseño de intervenciones y herramientas tecnológicas en el campo de la salud[7]. Conforme se delineó, la fase de concepción e idealización inicial de la tecnología fue guiada por el enfoque del *Design Thinking*, un modelo de resolución de problemas de naturaleza interactiva y centrada en el ser humano, cuyo propósito radica en la toma de decisiones empáticas, creativas y analíticas para el manejo de desafíos complejos[8]. Esta metodología proporciona el soporte necesario para identificar las necesidades y los requisitos de los estudiantes de enfermería, refinando la dirección de las tres primeras fases del modelo de diseño instruccional ADDIE, adoptado para la estructuración del simulador[9].

La IA y el humano en la optimización de códigos en el *sandbox*

El proceso práctico de desarrollo prescindió del modelo tradicional de contratación de equipos de tecnología, llevándose a cabo mediante un ciclo de creación colaborativa entre los autores, con el soporte del modelo de lenguaje multimodal Gemini 1.5 Pro (Google), empleado en la generación y en la optimización del código de la plataforma.

Para la materialización de estas líneas de código, se utilizó el entorno virtual de *CodeSandbox*. El flujo de trabajo consistió en someter a la IA peticiones estructuradas de *design* y lógica pedagógica y, a continuación, transferir el código generado en React.js y JavaScript al panel de edición del *sandbox*. *CodeSandbox* actuó como un laboratorio de simulación técnica en tiempo real: a medida que la IA optimizaba y ajustaba los componentes orientados por el investigador, la interfaz gráfica se renderizaba instantáneamente al lado del código (Figura 1).

Figura 1 – Pantalla de desarrollo y entorno de *sandboxing* en *CodeSandbox*: cruce analítico entre la ingeniería de código en React.js y la renderización inmediata de la interfaz de la plataforma *StudyFerida*. Coímbra, Portugal, 2026.



Fuente: elaborado por los autores, 2026.

Para garantizar la transparencia del proceso de producción del código, la interacción entre el investigador y la inteligencia artificial ocurrió a través de un proceso dialógico, y no de *prompts* aislados y estandarizados. Cada funcionalidad se construyó progresivamente, a lo largo de sucesivos intercambios en los que el investigador presentaba el contexto pedagógico de la pantalla por desarrollar, refinaba las especificaciones técnicas de *layout*, comportamiento y integración con *Firebase*, y evaluaba continuamente la salida generada hasta que esta cumpliera

con los criterios de aceptación establecidos.

Las respuestas generadas por la IA eran aceptadas cuando cumplían plenamente con los requisitos técnicos y pedagógicos definidos; ajustadas mediante nuevos intercambios dialógicos de refinamiento cuando presentaban incoherencias puntuales de lógica o estilo; y rechazadas por completo y reformuladas en caso de que comprometieran la exactitud pedagógica del contenido.

El equipo de investigación realizó ciclos continuos de prueba funcional y cribado técnico, actuando como el filtro primario de calidad para validar internamente el comportamiento del *serious game* y neutralizar eventuales alucinaciones del algoritmo, manteniendo el control absoluto sobre el realismo de la herramienta.

Cabe destacar que el énfasis de este estudio recae sobre la demostración de la capacidad del enfermero para liderar, de forma autónoma, la construcción tecnológica de una herramienta educacional por medio de la interacción dialógica con la IA generativa —y no sobre la producción de conocimiento clínico inédito acerca del cuidado de heridas crónicas, tema que sirvió como dominio de aplicación para dicha demostración metodológica—.

Aun así, el rigor del contenido clínico incorporado se aseguró mediante una doble verificación, realizada por al menos dos integrantes del equipo de investigación con formación en enfermería, de todo el contenido textual, clínico y de código generado antes de su incorporación definitiva al simulador, con base en directrices asistenciales internacionales y en la literatura científica sobre el cuidado de heridas crónicas.

Las imágenes hiperrealistas utilizadas en los escenarios de simulación fueron producidas por el modelo de generación de imágenes por IA Google Imagen (*Google DeepMind*), integrado en el ecosistema Google Gemini, a partir de solicitudes y parámetros clínicos formulados y optimizados por el equipo de investigación.

El formato *React* y la división por páginas

La estructura del simulador se desarrolló utilizando la tecnología *React.js*, elegida por permitir la creación de componentes digitales modularizados que facilitan la organización visual y la interactividad del juego. Para optimizar el tiempo de compromiso del estudiante y asegurar un aprendizaje fluido, el sistema se planeó en una arquitectura lineal, dividiendo la trayectoria en cuatro módulos principales integrados por mecanismos de navegación que controlan el comportamiento y la capacidad de respuesta de la interfaz ante cada interacción del usuario.

Para dar soporte a esta estructura, la tecnología se integró en el sistema *Firebase* (Google). Esta base de datos en tiempo real actúa como un repositorio dinámico, responsable de almacenar de forma segura y anónima las preguntas y los datos estructurados del simulador.

Aspectos éticos y conformidad legal

Al tratarse de un fragmento enfocado en el desarrollo tecnológico y en la arquitectura base del *software*, la etapa descrita en este manuscrito no implicó la participación directa de seres humanos. No obstante, con el fin de asegurar la integridad científica y el avance del estudio metodológico, la investigación cuenta con la aprobación formal de comités de ética en investigación: en Brasil, bajo el dictamen CAAE n.º 90795825.8.0000.5243; y en Portugal, mediante el Dictamen n.º P1270_02_2026. Estas aprobaciones garantizan el pleno amparo ético y legal para la ejecución de las etapas posteriores de validación por jueces expertos y evaluación con estudiantes de enfermería en ambos países.

Se destaca que la recolección de datos empíricos con especialistas y estudiantes no se llevó a cabo en esta fase del estudio, siendo sus resultados objeto de una publicación posterior, en la cual se detallarán los participantes, los criterios de elegibilidad, los instrumentos, los procedimientos de consentimiento libre e informado y los enfoques analíticos.

RESULTADOS

Arquitectura del sistema, estructura por páginas y *layout* instrucional

La estrategia pedagógica se materializó en un simulador digital funcional, navegable y modular, codificado en *React.js* e integrado en la infraestructura de base de datos en tiempo real de *Firebase*. El *layout* se concibió para funcionar como una extensión del proceso de aprendizaje del estudiante, organizando el simulador de forma lineal en cuatro pantallas principales (Figura 2).

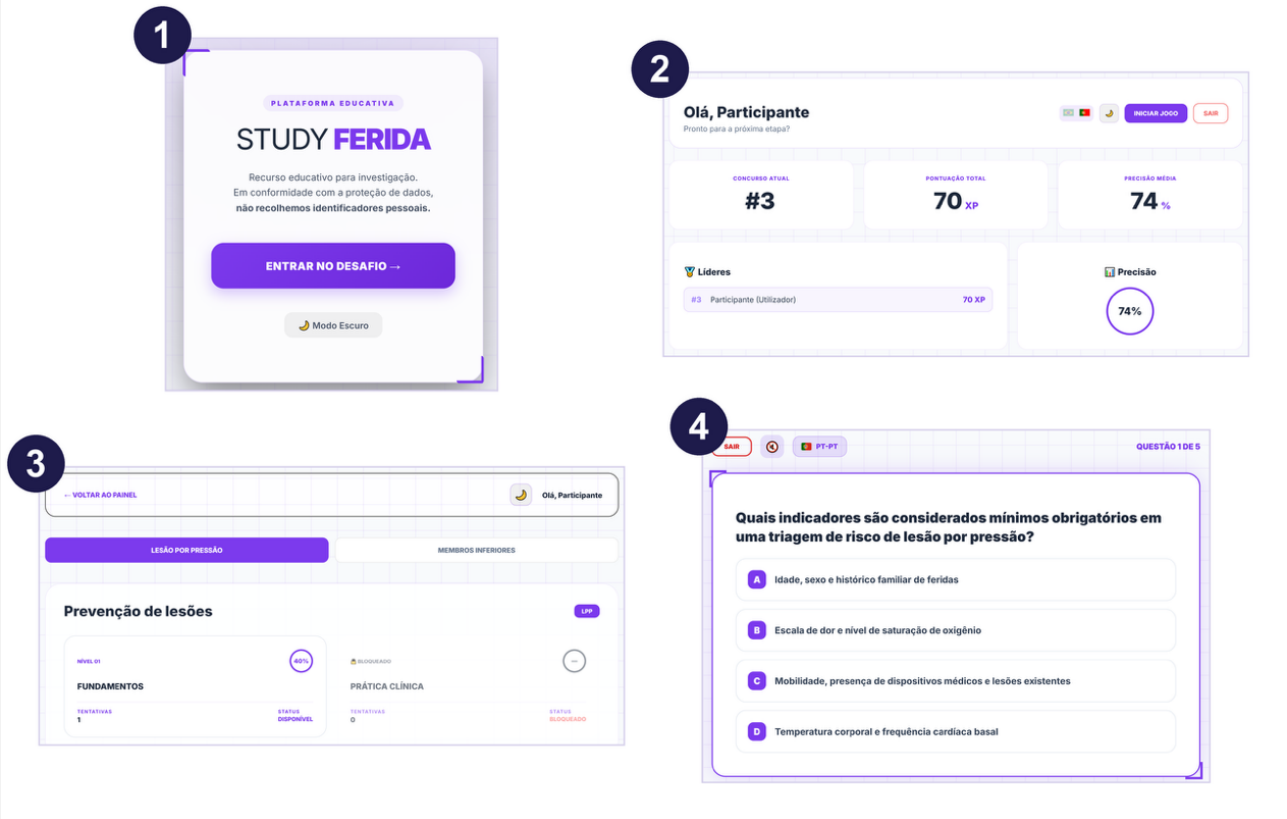
La primera ventana se denominó pantalla de acogida, funcionando como el portal de inmersión inicial del usuario. Presenta de forma directa el escenario de la simulación, el botón de inicio y los avisos de conformidad con la protección de datos. No se realiza ninguna recolección, almacenamiento o procesamiento de datos personales de los usuarios, ya que el acceso al simulador prescinde de registro, autenticación o identificación individual, en conformidad con la Ley General de Protección de Datos (LGPD), lo que asegura que la plataforma opera bajo rigurosos preceptos éticos y de anonimato.

Al iniciar, el usuario accede al panel central de autogestión, denominado *dashboard*. Diseñado como el núcleo de identidad y monitoreo del participante, muestra el indicador de posición en el concurso actual, la puntuación acumulada en experiencia (XP) y la tasa de precisión media general calculada dinámicamente, lo que permite al estudiante analizar su desempeño global antes de iniciar la actividad.

El tercer componente es el módulo de selección temática y progresión, que actúa como el centro de elecciones y control pedagógico del juego. En él, el usuario navega entre los temas estructurados como “Lesión por Presión” y “Miembros Inferiores” y visualiza el progreso porcentual en el Nivel 1 (Fundamentos), mientras que el Nivel 2 (Práctica Clínica) permanece con un bloqueo algorítmico visual hasta que se alcance la meta de desempeño del 80 %.

Por último, la célula de simulación clínica constituye el núcleo operativo de toma de decisiones. El *layout* organiza, en una sola pantalla, el marcador de progreso de las preguntas (ej.: “Pregunta 1 de 5”), la zona del enunciado con la situación clínica fundamentada en directrices internacionales y la interfaz interactiva con cuatro alternativas de opción múltiple.

Figura 2 – Arquitectura de interfaz y flujo de navegación del usuario en el simulador *StudyFerida*: (1) Pantalla de Acogida; (2) Panel Central de Autogestión (*Dashboard*); (3) Módulo de Selección Temática y Progresión por niveles; (4) Célula de Simulación Clínica en formato de *quiz*, evidenciando en la parte superior los selectores gráficos de idioma (banderas) y la clave de internacionalización activa (PT-PT). Coímbra, Portugal, 2026.

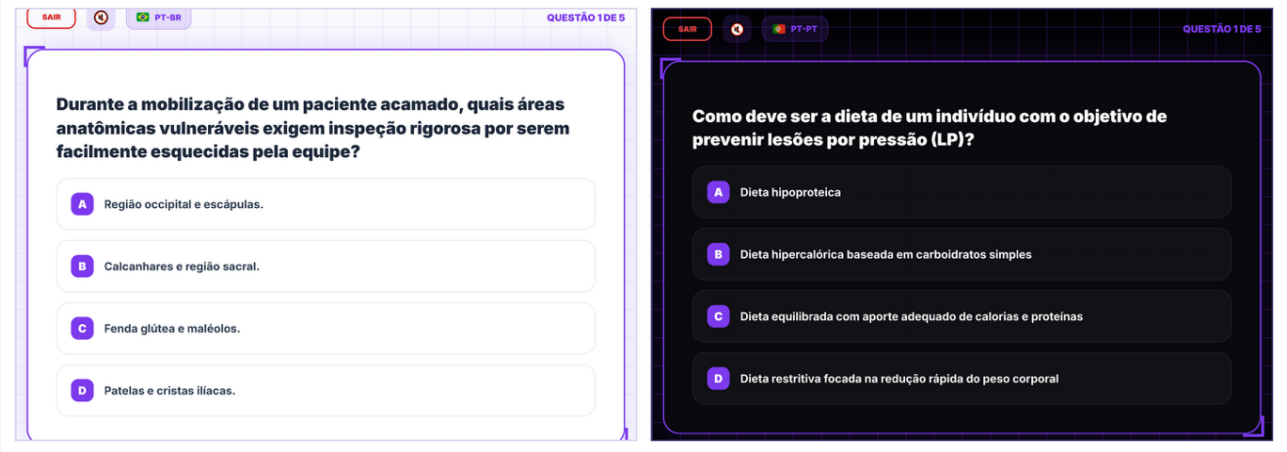


Fuente: elaborado por los autores, 2026.

Gestión de estímulos: dualidad cromática y sonorización

La implementación de la alternancia entre los modos *Dark* (Oscuro) y *Light* (Claro) se incorporó a la interfaz para actuar directamente en el manejo del esfuerzo mental y de la fatiga visual del usuario. El modo *Dark* aplica una dualidad cromática orientada a la reducción del cansancio visual y al aumento del contraste de los elementos críticos, facilitando la atención selectiva en periodos prolongados de estudio. A su vez, el modo *Light* asegura una legibilidad óptima bajo condiciones de alta luminosidad ambiental (Figura 3).

Figura 3 – Interfaz operacional de la célula de simulación clínica: demostración de la dualidad cromática (modos *Light* y *Dark*), recursos de sonorización y el sistema de internacionalización lingüística transcultural (PT-BR / PT-PT). Coímbra, Portugal, 2026.



Fuente: elaborado por los autores, 2026.

De forma complementaria, la arquitectura de audio del simulador integró estímulos sonoros discretos para aciertos y errores, operando como refuerzo positivo y alerta inmediato para la corrección del razonamiento clínico, además de una banda sonora de fondo suave orientada a promover el compromiso multisensorial. Respetando la autonomía del estudiante, el control de activación o silencio de todos los recursos sonoros y cromáticos se puso a disposición mediante comandos de preferencia de clic rápido en la interfaz gráfica.

Internacionalización y adaptación transcultural (PT-BR y PT-PT)

Un resultado expresivo de impacto pedagógico consiste en el esfuerzo por la consolidación de una herramienta luso-brasileña unificada. El simulador fue programado para operar de forma flexible tanto en el portugués de Brasil como en el de Portugal, por medio de un proceso de adaptación técnica y terminológica, con el fin de aproximar el simulador a las realidades asistenciales de ambos países.

Para ello, la ingeniería del *software* buscó reducir el uso de traducciones literales e inició el mapeo de términos equivalentes de la práctica clínica de enfermería, organizados en un archivo modular de diccionario de cadenas de texto (*locales*). Se reconoce que esta matriz lingüística no se encuentra estática o definitiva; se trata de un alineamiento progresivo basado en los principales términos recomendados por las directrices asistenciales de ambos países, estructurado precisamente para eliminar barreras de comprensión y viabilizar, en el futuro, la cooperación interinstitucional e internacional (Tabla 1).

Tabla 1 – Matriz con algunas equivalencias terminológicas, clínicas y ortográficas para la adaptación transcultural en el simulador. Coímbra, Portugal, 2026.

Categoría de adaptación	Término de referencia (Brasil – PT-BR)	Término equivalente (Portugal – PT-PT)
Actores del escenario	Paciente(s) Equipe(s)	Utente(s) Equipa(s)
Terminología clínica y procedimientos	Curativo(s) Mudança de decúbito Banho no leito Hiperemiada/o Gaze(s)	Penso(s) Alternância de posicionamento Higiene no leito Com eritema Compressa(s)
Acciones del sistema y patología	Cadastrar Infecção(ões) Infarto	Registar Infeção(ões) Enfarte
Variaciones ortográficas	Gênero / Fêmur / Fenômeno Anatômico(a) Crônico(a) Isquêmico(a)/ Isquemia	Género / Fémur / Fenómeno Anatómico(a) Crónico(a) Isquémico(a) / Isquémia

Fuente: elaborado por los autores, 2026.

Mecánicas de gamificación: progresión por niveles y aleatorización

El sistema incorporó elementos de *Game Thinking* estructurados para sostener la motivación intrínseca durante la toma de decisiones[10]. La ingeniería pedagógica del simulador se dividió en dos niveles progresivos de complejidad (Nivel 1: Fundamentos y Nivel 2: Práctica clínica), estableciendo un bloqueo algorítmico de tasa de aprobación (*pass rate*) mínima del 80 % para que el estudiante reciba autorización del sistema para avanzar de fase. Este valor fue establecido por el equipo de investigación como parámetro de proficiencia mínima, alineado con la lógica del aprendizaje por dominio (*mastery learning*), pudiendo ser recalibrado en futuros estudios de validación.

Para romper con el modelo de memorización mecánica, cada nivel se acopló a una base de datos dinámica que contiene aproximadamente 15 preguntas, de las cuales un subconjunto de 5 preguntas es seleccionado y presentado al usuario de manera completamente aleatoria por el algoritmo en cada nueva partida. Esta dinámica de aleatorización garantiza que cada intento en el simulador configure un desafío cognitivo inédito, sustentando el estado de flujo (*flow*) en el que el error deja de ser punitivo y pasa a configurarse como una invitación al perfeccionamiento continuo del juicio clínico[11].

El *feedback* inmediato como estrategia de metacognición activa

El diferencial crítico del simulador reside en su sistema de *feedback* inmediato basado en evidencias, activado de manera receptiva ante cada toma de decisión del estudiante, independientemente del acierto o error en la célula de simulación. Al procesar la elección del usuario, el sistema presenta de inmediato en la pantalla una justificación técnica clara, el fundamento científico directo basado en directrices internacionales y enlaces dirigidos a las fuentes bibliográficas.

Innovación visual vs. limitaciones en el desarrollo clínico

En lo que concierne a la dimensión estética y a la fidelidad diagnóstica del simulador, el uso de herramientas de IA generativa posibilitó la creación de imágenes hiperrealistas para los escenarios de simulación (Figura 4). La pantalla de aviso mostrada al usuario informa que dichas imágenes fueron generadas por inteligencia artificial y explicita la no reivindicación de derechos de autor por parte de los autores sobre este contenido, con base en los términos de uso de la

herramienta empleada.

Se aclara que el estatus jurídico del contenido generado por inteligencia artificial generativa sigue siendo un tema en debate en la literatura y en la legislación de propiedad intelectual, lo que recomienda cautela en cuanto a la afirmación de exención plena de derechos de autor.

Figura 4 – Dimensiones estética, ética y de fidelidad diagnóstica del simulador: evidencia de la pantalla de aviso de exención de derechos de autor (izquierda) y escenarios de casos clínicos con imágenes hiperrealistas de heridas crónicas generadas mediante inteligencia artificial generativa (derecha). Coímbra, Portugal, 2026.



Fuente: elaborado por los autores, 2026.

DISCUSIÓN

La arquitectura pedagógica del simulador creado en este estudio, estructurada en niveles progresivos y barreras algorítmicas de avance, se fundamenta en las directrices clásicas de *game design*, las cuales determinan que los desafíos de un sistema gamificado deben ser modularizados para garantizar el equilibrio exacto entre la habilidad del usuario y la complejidad del software[10]. Esta necesidad de estructuración metodológica corrobora evidencias globales recientes, que defienden el uso de la gamificación en la educación en enfermería como una estrategia crucial para el compromiso a largo plazo[3].

En el contexto de la enseñanza de enfermería, esta progresión se alinea con la dinámica de puntos de experiencia (XP) acumulados en la célula de simulación. Esta elección de diseño instruccional asocia dinámicas gamificadas al aumento de la motivación intrínseca y a la retención del conocimiento en profesiones de la salud y asistenciales[4].

Adicionalmente, el incremento en la frecuencia de uso del material didáctico generado por dinámicas de puntuación induce a la repetición pedagógica, uno de los factores más potentes para la consolidación de la memoria y la retención del conocimiento[4]. No obstante, tal como advierte la literatura, los mecanismos de recompensa deben ser diseñados con cautela para que el foco en la competición no eclipse la internalización del saber —escenario que el diseño de *StudyFerida* buscó mitigar, en el que la acumulación de XP asume una función formativa y emancipadora sustancialmente distinta de las notas convencionales y de las clasificaciones punitivas—[11].

Esta aproximación entre tecnología y sensibilidad humana responde directamente a los movimientos globales contemporáneos. La literatura señala que el enfoque del *Design Thinking* se ha consolidado como una tendencia evolutiva internacional, avanzando desde experiencias aisladas hacia una maduración pedagógica capaz de remodelar currículos y crear entornos de aprendizaje innovadores, colaborativos y enfocados en la empatía y en la resolución creativa de problemas[8].

Sin embargo, las evidencias actuales sobre esta temática aún se muestran predominantemente descriptivas y restringidas a contextos específicos, careciendo de mayor consistencia metodológica o de evaluaciones longitudinales[8]. Es exactamente ante esta necesidad de consolidación estructural que el simulador *StudyFerida* propone un avance: en vez de limitarse a una aplicación informal, el estudio se pauta en la centralidad del usuario fundamentada por el *Design Thinking* y en las etapas rígidas y sistemáticas del modelo instruccional ADDIE, entregando una herramienta con un elevado rigor de ingeniería de software y una matriz de adaptación transcultural diseñada para aproximar el aprendizaje clínico entre Brasil y Portugal.

Más allá de seguir un modelo instruccional estructurado, el principal diferencial de este trabajo radica en romper con el modelo tradicional de producción tecnológica en

la salud, incorporando al enfermero en el centro de la creación digital por medio del uso directo de herramientas de inteligencia artificial en el proceso de desarrollo. En la práctica, la ingeniería de *prompts* no constituyó solo el acto de disparar comandos mecánicos, sino que funcionó como un verdadero puente dialógico, en el que el conocimiento clínico y la experiencia pedagógica de los investigadores tradujeron las necesidades de la enseñanza de enfermería en líneas lógicas de código en React.js y JavaScript.

En *StudyFerida*, la agilidad computacional de la máquina se mantuvo subordinada al juicio humano, lo que sugiere que es posible democratizar el desarrollo de simuladores de alto rendimiento y reducir costos institucionales prohibitivos[6]. Sobre todo, esta subordinación asegura que la tecnología se desarrolle de manera alineada con el rigor ético y con los valores centrales de la ciencia del cuidar[2].

Además de las mecánicas de juego, la ingeniería de interfaz del *serious game* buscó sustento en la neuroarquitectura instruccional. La estructuración de la célula de simulación clínica en un arreglo de pantalla única se alinea estrictamente con los preceptos de la Teoría de la Carga Cognitiva[12]. Al concentrar el caso clínico, las alternativas y los recursos interativos en un único campo visual, el sistema reduce deliberadamente la carga cognitiva ajena a la tarea. Esta decisión preserva la capacidad de la memoria de trabajo del estudiante, garantizando que su enfoque permanezca íntegramente dirigido al juicio clínico y al razonamiento diagnóstico necesario para el cuidado de personas con heridas crónicas.

La flexibilidad conferida al usuario para alternar entre polaridades cromáticas (*Dark* y *Light*) responde directamente a hallazgos experimentales. Estos estudios asocian la fatiga visual y el desempeño de lectura a largo plazo a la calibración entre la luminosidad de la pantalla y la iluminación del entorno circundante, demostrando que el ajuste de contraste y polaridad es crucial para reducir el estrés ocular[13]. Sumada a esta perspectiva, la introducción de estímulos sonoros informativos actúa como un elemento de señalización, direccionando la atención del usuario y facilitando la comprensión de comandos durante la interacción[14].

Por último, el realismo visual y el rigor metodológico del simulador impulsan el debate sobre los límites y las potencialidades del uso de las inteligencias artificiales en la educación en salud. El empleo de herramientas de IA generativa representa una innovación educacional contemporánea al viabilizar simulaciones clínicas inmersivas en la enfermería[15].

En el desarrollo de tecnologías para el cuidado de lesiones, este enfoque permite materializar representaciones visuales detalladas de diferentes estadios de heridas crónicas y tipos de tejido, como granulación, esfacelo y necrosis. Este recurso supera las barreras éticas y de privacidad asociadas al uso de fotografías reales de pacientes y mitiga los elevados costos de los bancos de imágenes comerciales. No obstante, la fidelidad diagnóstica de estas imágenes aún no ha sido formalmente validada, lo que representa un riesgo potencial para la enseñanza del juicio clínico en caso de que existan imprecisiones en la representación de los tejidos; por este motivo, dicho aspecto fue tratado como una limitación de este estudio.

Esta estrategia responde directamente a una de las grandes preocupaciones de las instituciones de enseñanza de enfermería en la actualidad: el costo prohibitivo para la adquisición de herramientas comerciales de simulación avanzada basadas en IA[6]. Al producir, con el apoyo de la IA generativa, imágenes altamente personalizadas en un ecosistema propio, el docente transciende barreras financieras y metodológicas, entregando un entorno auténtico indispensable para el desarrollo del juicio clínico[1].

Sin embargo, emerge como contrapunto y limitación de este modelo la alta complejidad en la curaduría y construcción algorítmica de las situaciones-problema. Aunque la IA ofrece celeridad en la estructuración lógica del código y en los refinamientos textuales, la literatura internacional advierte que las herramientas generativas están sujetas a sesgos, simplificaciones conceptuales o alucinaciones de datos[16].

De este modo, la elaboración de casos clínicos rigurosos y la calibración de alternativas de opción múltiple exigieron un esfuerzo humano analítico exhaustivo de doble verificación. Esta etapa de validación docente reafirma que, a pesar del soporte tecnológico, la seguridad del aprendizaje y la fidelidad pedagógica indispensable para la enseñanza de enfermería permanecen indisociables del juicio intelectual humano.

Esta necesidad de validación docente rigurosa cobra relevancia ante las preocupaciones de la propia comunidad de educadores en enfermería, que frecuentemente manifiestan inseguridad en la calibración de herramientas de IA en los currículos y temen el impacto de los sesgos algorítmicos en la formación profesional[6]. Por lo tanto, la supervisión y el refinamiento humano de las simulaciones operan como filtros indispensables para garantizar que los artefactos generados por inteligencia artificial cumplan a la perfección con los estándares científicos de la práctica basada en evidencias[1].

Limitaciones

Al tratarse de un estudio metodológico descriptivo, aún no están disponibles datos de usabilidad, aceptabilidad o de desenlace de aprendizaje de los estudiantes —lo cual es coherente con el alcance aquí delimitado, enfocado en la construcción de la tecnología—. La elaboración del simulador fue conducida por un equipo único, lo que puede restringir la diversidad de perspectivas incorporadas en la interfaz.

Desde el punto de vista técnico, la fidelidad diagnóstica de las imágenes hiperrealistas generadas por inteligencia artificial aún no ha sido formalmente validada por expertos, lo que configura un riesgo potencial para la enseñanza del juicio clínico en caso de que existan imprecisiones en la representación de los tejidos. Del mismo modo, la reproducibilidad integral del proceso dialógico de coproducción con la IA está limitada por el nivel de detalle posible en la documentación de los intercambios realizados. El contenido generado por el sistema permanece, asimismo, sujeto a sesgos e imprecisiones que, aunque mitigados por la doble verificación del equipo, no pueden descartarse por completo.

Los estudios futuros deben abordar estas lagunas, espe-

cialmente por medio de la validación formal de las imágenes por expertos en estomaterapia, de investigaciones sobre usabilidad y efectividad educacional con estudiantes, y del empleo de protocolos de documentación estructurada del proceso dialógico de producción.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que la transferencia del conocimiento clínico del enfermero al entorno digital puede constituir un proceso viable y autónomo, prescindiendo de grandes y onerosos centros de desarrollo informático. La utilización de la IA como herramienta de apoyo tecnológico, bajo la gobernanza y la dirección intelectual del enfermero-investigador —a quien corresponden la autoría, la creatividad y la responsabilidad científica sobre el producto—, se reveló como un camino metodológico prometedor y accesible, capaz de inspirar a otros profesionales de la salud a protagonizar la creación de sus propias herramientas educativas.

El simulador se consolidó en una arquitectura de pantalla única, concebida a la luz de la Teoría de la Carga Cognitiva, para mitigar la fatiga del usuario y favorecer el manejo de la carga mental. Al integrar mecánicas de *game thinking*, viabilizó una navegación transcultural adaptada a las realidades asistenciales de Brasil y Portugal.

Uno de los aspectos centrales de la tecnología radica en la entrega del *feedback* inmediato basado en evidencias, ya que, al interceptar el error en el instante exacto en que ocurre, el sistema proporciona la justificación técnica anclada en directrices internacionales, transformando el fallo en un desencadenante para el refinamiento del juicio clínico.

Como directriz para las próximas etapas de la investigación, se destacan la necesidad de estudios de validación de contenido y de apariencia por jueces expertos, la evaluación de la usabilidad y de la experiencia del usuario, el análisis de la accesibilidad y, posteriormente, la investigación de la efectividad educacional y del impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

En resumen, la principal contribución de este estudio radica en la democratización de la producción tecnológica en la enfermería, rompiendo con el paradigma de que el enfermero debe ser solo un consumidor pasivo de softwares. Al evidenciar que el liderazgo del desarrollo digital puede emanar de la propia categoría asistencial y docente, esta investigación entrega a las instituciones de enseñanza una herramienta práctica e innovadora, proyectada para fortalecer la construcción de metodologías activas.

*****Artículo extraído del Proyecto de Doctorado titulado "*Studyferida*: construcción y validación de juego digital sobre heridas crónicas con foco en la enseñanza", presentado al Programa de Posgrado en Ciencias del Cuidado en Salud de la Universidad Federal Fluminense (Niterói, RJ, Brasil), con defensa prevista para diciembre de 2026. El trabajo en cuestión integró las actividades del PDSE (Programa de Doctorado Sándwich en el Exterior).

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

FINANCIACIÓN

El presente trabajo se realizó durante el Programa de Doctorado Sándwich en el Exterior (PDSE) en la Escuela Superior de Enfermería de la Universidad de Coímbra, con apoyo financiero de la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES), por medio del proceso n.º 88881.220287/2025-01.

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El proceso práctico de desarrollo de la tecnología prescindió del modelo tradicional de contratación de equipos de tecnología, llevándose a cabo mediante un ciclo de cocreación entre los autores y la inteligencia artificial generativa Gemini 1.5 Pro. El engranaje de este trabajo se basó en la ingeniería de instrucción, en la cual el investigador organizó el conocimiento pedagógico y la IA lo convirtió en comandos estructurados para alimentar la tecnología.

REFERENCIAS

1. Lifshits I, Rosenberg D. Artificial intelligence in nursing education: A scoping review. Nurse Educ Pract. 2024;80:104148. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.104148. PMID: 39405792.
2. Raposo DRA, Alves Júnior JS, Silva DTO, Alves RA, Santos DCM, Alves TM, et al. Avanços na assistência de enfermagem: uma revisão de escopo sobre o uso da Inteligência Artificial na ciência do cuidar. Contrib Cienc Soc. 2024;17(7):e8854. https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-417
3. Nylén-Eriksen M, Stojiljkovic M, Lillekroken D, Lindeflaten K, Hessevaagbakke E, Fløtlo TN, et al. Game-thinking; utilizing serious games and gamification in nursing education – a systematic review and meta-analysis. BMC Med Educ. 2025;25(1):140. https://doi.org/10.1186/s12909-024-06531-7. PMID: 39881301.
4. van Gaalen AEJ, Brouwer J, Schönrock-Adema J, Bouwkamp-Timmer T, Jaarsma ADC, Georgiadis JR. Gamification of health professions education: a systematic review. Adv Health Sci Educ Theory Pract. 2021;26(2):683-711. https://doi.org/10.1007/s10459-020-10000-3. PMID: 33128662.
5. Díaz-Herrera MÁ, González-Durán M, Rodríguez-Martínez FJ, Tujillo-Flores G, Tuset-Mateu N, Verdú-Soriano J, et al. The financial burden of chronic wounds in primary care: A real-world data analysis on cost and prevalence. Int J Nurs Stud Adv. 2025;8:100313. https://doi.org/10.1016/j.ijnsa.2025.100313. PMID: 40535786.
6. Rony MKK, Ahmad S, Tanha SM, Das DC, Akter MR, Khatun MA, et al. Nursing Educators' Perspectives on the Integration of Artificial Intelligence Into Academic Settings. SAGE Open Nurs. 2025;11:23779608251342931. https://doi.org/10.1177/23779608251342931. PMID: 40386172.

7. Harrison R, Ní Shé É, Debono D, Chauhan A, Newman B. Creating space for theory when codesigning healthcare interventions. J Eval Clin Pract. 2023;29(4):572-575. https://doi.org/10.1111/jep.13720. PMID: 35700040.
8. Wang D, Deng Y, Zeng L, Dong L, Payo RM, Zhang F. Design thinking in nursing education: A scoping review. Nurse Educ Pract. 2026;90:104666. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104666. PMID: 41365057.
9. Chang SL. The Systematic Design of Instruction. Educ Technol Res Dev. 2006;54(4):417-420. https://doi.org/10.1007/s11423-006-9606-0
10. Silva GF, Silva TSC, Perrone Filho M. Game Design. Porto Alegre: SAGAH; 2021.
11. Delage PEGA, Mendes ES, Paula JGF, Mendes ISB, Almeida MS, Costa FNA. Creation and application of a gamified strategy in nursing undergraduate education. Cogitare Enferm. 2021;26:e70221. https://doi.org/10.5380/ce.v26i0.70221
12. Sweller J, Ayres P, Kalyuga S. Cognitive Load Theory. New York: Springer; 2011.
13. Fan Q, Xie J, Dong Z, Wang Y. The effect of ambient illumination and text color on visual fatigue under negative polarity. Sensors (Basel). 2024;24(11):3516. https://doi.org/10.3390/s24113516. PMID: 38894307.
14. Mayer RE, Fiorella L, editors. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. 3rd ed. New York: Cambridge University Press; 2022.
15. Park GE, Kim H, Go UR. Generative artificial intelligence in nursing: A scoping review. Collegian. 2024;31(6):428-436. https://doi.org/10.1016/j.colegn.2024.10.004
16. Topaz M, Peltonen LM, Michalowski M, Stiglic G, Ronquillo C, Pruinelli L, et al. The ChatGPT Effect: Nursing Education and Generative Artificial Intelligence. J Nurs Educ. 2025;64(6):e40-e43. https://doi.org/10.3928/01484834-20240126-01. PMID: 38302101.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Concepción del estudio: Oliveira RM, Parreira PMSD, Coutinho VRD, Pires BMFB.
Obtención de datos: Oliveira RM, Morais JQ, Parreira PMSD, Coutinho VRD, Pires BMFB.
Análisis de datos: Oliveira RM, Morais JQ, Parreira PMSD, Coutinho VRD, Pires BMFB.
Interpretación de los datos: Oliveira RM, Morais JQ, Parreira PMSD, Coutinho VRD, Pires BMFB.
Todos los autores asumen la responsabilidad de la redacción del texto y de la revisión crítica del contenido intelectual, de la versión final publicada y de todos los aspectos éticos, legales y científicos relacionados con la exactitud y la integridad del estudio.

© 2026 Autores. Los autores conservan los derechos de autor y conceden a la Online Brazilian Journal of Nursing el derecho de primera publicación. Este artículo está licenciado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).