



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS  
– MESTRADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CONTROLE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS  
INDUSTRIAIS

Linha de Pesquisa: Inovação e Tecnologia em Sistemas e Processos Industriais  
Projeto: Ambiente Virtual de Aprendizagem Personalizado: Abordagem com estilos  
cognitivos, agentes pedagógicos e internet das coisas

**GUILHERME FERREIRA**

**PLATAFORMA DIGITAL COM AGENTE CONVERSACIONAL E  
GAMIFICAÇÃO PARA EDUCAÇÃO EM RESÍDUOS DE SAÚDE**

Santa Cruz do Sul

2025

Guilherme Ferreira

**PLATAFORMA DIGITAL COM AGENTE CONVERSACIONAL E  
GAMIFICAÇÃO PARA EDUCAÇÃO EM RESÍDUOS DE SAÚDE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – Mestrado, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Frozza

Santa Cruz do Sul  
2025

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela dádiva da vida, pela proteção constante ao longo deste caminho e, sobretudo, por me fortalecer nos momentos de maior desafio.

Ao meu pai e à minha mãe, por todo o amor, apoio e ensinamentos que me guiaram até aqui.

À minha esposa, companheira de todas as horas, cuja presença e compreensão foram essenciais ao longo de toda esta jornada.

Ao meu filho, que traz alegria e motivação aos meus dias.

Às professoras Rejane Frozza, orientadora, e Liane Mählmann Kipper, avaliadora, por suas valiosas contribuições durante toda a condução desta pesquisa.

Um agradecimento especial à Profa. Dra. Rejane Frozza, cuja sabedoria e vasto conhecimento ultrapassaram o papel de docente, revelando-se também uma grande amiga, sempre atenciosa e preocupada com meu bem-estar, acalmando minhas ansiedades e me inspirando a seguir firme em direção aos meus objetivos.

Aos professores que me acompanharam durante o Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais, por compartilharem comigo seu conhecimento e experiência.

À CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela concessão da bolsa de estudos, que viabilizou esta jornada acadêmica.

Estendo meu profundo agradecimento a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização desta dissertação.

Por fim, registro minha gratidão à parceria com o Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde (PPGPS) da UNISC, com a aluna de doutorado Débora da Silveira Siqueira e os professores Alexandre Rieger e Janine Koepp, que colaboraram significativamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Módulos da Agente Dóris.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2 - Etapas da Metodologia .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 3 - Etapas da DSR e possíveis estratégias e ações.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 4 - Metodologia baseada no DSR.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 5 - Fluxograma de planejamento da plataforma.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 6 - Fluxograma do desenvolvimento da plataforma .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7 - Arquitetura da plataforma .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 8 - Fluxograma da Interação da Dóris® na Plataforma.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 9 - Jogo do Descarte Correto.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 10 - Artigo sobre o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 11 – Vídeo do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12 - Artigo sobre Resíduos Biológicos: O Que São e Como Descartar com Segurança? .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 13 - Vídeo do artigo Resíduos Biológicos: O Que São e Como Descartar com Segurança? .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 14 - Artigo sobre a Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 15 - Como você classifica a navegação pelas páginas da plataforma? .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 16 - Como você classifica a linguagem utilizada nos textos?.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 17 - Como você classifica as imagens utilizadas em relação à sua compreensão?</b>	<b>38</b>
<b>Figura 18 - Como você define a organização das informações?.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 19 - Como você avalia a realização do jogo sobre descarte correto? .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 20 - Como você avalia os indicadores de pontuações dos usuários na plataforma? .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 21 - Como você classifica a experiência na utilização da plataforma?.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 22 - Como você classifica a experiência na sua interação com a Dóris®? .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 23 - A chatbot Dóris® respondeu de forma adequada às suas perguntas/comentários? .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 24 - Qual o nível de satisfação que você avalia a plataforma de modo geral?.....</b>	<b>42</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Bibliometria quantitativa.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 2 - Lista de Requisitos para a Plataforma .....</b>	<b>26</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

APESC	Associação Pró-Ensino em Santa Cruz do Sul
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
OMS	Organização Mundial da Saúde
IA	Inteligência Artificial
DSR	Design Science Research
LLM	Large Language Models
PPGPS	Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde

## RESUMO

O gerenciamento de resíduos de saúde apresenta desafios críticos para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental, especialmente, em contextos nos quais práticas inadequadas de descarte, como seringas e medicamentos vencidos, acarretam sérios impactos ao meio ambiente e à saúde coletiva. Apesar de regulamentações claras, a implementação efetiva dessas diretrizes enfrenta barreiras relacionadas à falta de conhecimento técnico e engajamento, tanto de profissionais de saúde quanto da população. A fim de mitigar esse problema, o objetivo é desenvolver uma plataforma digital que integra um agente conversacional, denominado Dóris®, e elementos de gamificação, promovendo educação prática e interativa no manejo de resíduos de saúde. A plataforma inclui jogos educativos, artigos interativos e *quizzes*, oferecendo aprendizado dinâmico, com personalização de conteúdos por meio do agente virtual Dóris®, que orienta os usuários em tempo real. A validação, realizada com 25 participantes de diversas categorias profissionais, como enfermeiros, técnicos de radiologia e profissionais de higienização, evidenciou alta eficácia na retenção de conhecimento e na adesão às práticas adequadas de descarte. Os resultados mostram que a integração de inteligência artificial e gamificação contribui para o aprendizado e promove mudanças comportamentais sustentáveis, tornando o gerenciamento de resíduos uma prática acessível e impactante em larga escala. Essa solução inovadora destaca-se pela capacidade de combinar tecnologia avançada e métodos interativos para transformar desafios contemporâneos em oportunidades para educação ambiental e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** gerenciamento de resíduos de saúde, inteligência artificial, agentes conversacionais, gamificação, sustentabilidade, educação em saúde.

## ABSTRACT

Healthcare waste management presents critical challenges for public health and environmental sustainability, particularly in contexts where improper disposal practices, such as syringes and expired medications, have severe environmental and collective health impacts. Despite clear regulations, effective implementation of these guidelines faces barriers related to the lack of technical knowledge and engagement from both healthcare professionals and the general population. To mitigate this problem, the goal is to develop a digital platform that integrates a conversational agent, named Dóris®, and gamification elements, promoting practical and interactive education on healthcare waste management. The platform includes educational games, interactive articles, and quizzes, offering dynamic learning with content personalization through the virtual agent Dóris®, who guides users in real time. Validation conducted with 25 participants from various professional categories, such as nurses, radiology technicians, and cleaning professionals, demonstrated high efficacy in knowledge retention and adherence to proper disposal practices. The results show that integrating artificial intelligence and gamification contributes not only to learning but also promotes sustainable behavioral changes, making waste management an accessible and impactful practice on a large scale. This innovative solution stands out for its ability to combine advanced technology and interactive methods to transform contemporary challenges into opportunities for environmental education and sustainability.

**Keywords:** healthcare waste management, artificial intelligence, conversational agents, gamification, sustainability, health education.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Tema e Problema.....	11
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos geral e específicos.....	15
1.4 Organização da Dissertação.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 Bibliometria.....	18
2.2 Gestão de Resíduos de Saúde.....	19
2.3 Inteligência Artificial Aplicada à Educação.....	20
2.4 Gamificação em Ambientes Educacionais.....	24
2.5 Considerações do Capítulo.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	45

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos de saúde é um tema de relevância global, sendo crucial para a sustentabilidade ambiental e a saúde pública. Esses resíduos incluem materiais como seringas, medicamentos vencidos e materiais contaminados, que, quando descartados de maneira inadequada, podem causar danos graves ao meio ambiente e à saúde humana. Apesar da existência de regulamentações específicas com diretrizes, a sua aplicação, muitas vezes, é comprometida pela falta de conhecimento ou pela ausência de práticas consistentes entre profissionais de saúde e a população em geral. Estudos destacam que o manejo inadequado de resíduos hospitalares pode levar a riscos significativos para a saúde pública e o ambiente, como a contaminação de recursos hídricos por substâncias químicas perigosas, disseminação de infecções por patógenos em resíduos biológicos, além do aumento da exposição de trabalhadores da saúde e catadores de recicláveis a materiais perfurocortantes e infecciosos (Hossain *et al.*, 2011; Kenny & Priyadarshini, 2021; Khan *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, a tecnologia tem se mostrado uma aliada estratégica na solução de problemas complexos, como o gerenciamento de resíduos. Ferramentas digitais inovadoras, incluindo agentes conversacionais e gamificação, têm transformado a maneira como as pessoas aprendem e adotam novos comportamentos (Zota *et al.*, 2024; Guillen Mandujano, 2024; Patricio *et al.*, 2020). Essas tecnologias permitem personalizar o aprendizado e torná-lo mais acessível, além de oferecer interatividade e estímulos para engajar os usuários em práticas corretas de descarte. A integração de elementos de tecnologia, como inteligência artificial, é reconhecida por sua eficácia na educação e gestão de resíduos hospitalares.

A integração de elementos interativos e educativos em plataformas digitais pode preencher lacunas significativas no conhecimento sobre o gerenciamento de resíduos (Haleem *et al.*, 2022). Essas soluções oferecem não apenas informações claras e diretas, mas também incentivos para que os profissionais de saúde incorporem boas práticas em sua rotina de trabalho. Tecnologias como plataformas de *e-learning* com simulações interativas, assistentes virtuais baseados em inteligência artificial e sistemas de gamificação têm sido amplamente utilizados para capacitação profissional. Soluções como agentes conversacionais especializados auxiliam na resolução de dúvidas em tempo real, enquanto módulos gamificados promovem desafios e recompensas para reforçar o aprendizado. A escalabilidade e a adaptabilidade dessas tecnologias permitem a capacitação contínua e dinâmica, auxiliando na formação profissional e na atualização sobre protocolos e diretrizes. Além disso, a gamificação tem demonstrado ser uma estratégia eficiente para engajar os usuários em temas educacionais e comportamentais

complexos, tornando o aprendizado mais interativo e incentivando a adoção de práticas corretas no gerenciamento de resíduos hospitalares (Taşkın & Kılıç Çakmak, 2023; Luo, 2022; Triantafyllou & Georgiadis, 2022).

Estudos indicam que a utilização de tecnologias digitais na educação pode transformar o comportamento dos usuários, promovendo mudanças sustentáveis e duradouras (Triantafyllidou & Zabaniotou, 2021; Liu *et al.*, 2024; Angelaki, 2024). No entanto, ainda existem lacunas no conhecimento relacionadas à capacitação de profissionais de saúde no manejo adequado de resíduos, especialmente, no que se refere à adoção de metodologias inovadoras que garantam retenção e aplicação prática do aprendizado (Mekaro *et al.*, 2022). Pesquisas apontam que, apesar da existência de normativas e diretrizes, a falta de treinamentos interativos e acessíveis dificulta a consolidação de boas práticas, resultando em falhas na segregação, armazenamento e descarte correto desses resíduos (Coswosk *et al.*, 2018; Chisholm *et al.*, 2021; Kenny; Priyadarshini, 2021; Hossain *et al.*, 2011). Diante desse cenário, torna-se essencial explorar abordagens que combinem tecnologia e educação para promover mudanças efetivas e sustentáveis. Ao integrar agentes conversacionais e gamificação em uma plataforma educativa, é possível criar um ambiente dinâmico e interativo, capaz de facilitar a disseminação do conhecimento, corrigir comportamentos inadequados e incentivar práticas sustentáveis em larga escala.

## 1.1 Tema e Problema

O tema do desenvolvimento de uma plataforma digital com agente conversacional e gamificação voltada para a educação em resíduos de saúde se alinha à necessidade crescente de soluções tecnológicas inovadoras para resolver desafios ambientais e de saúde pública (Filip *et al.*, 2022; William & Bommu, 2024). Os resíduos de saúde, como seringas, medicamentos vencidos e materiais contaminados, apresentam sérios riscos se não forem corretamente gerenciados, incluindo a transmissão de doenças infecciosas por meio de seringas reutilizadas, envenenamento e contaminação ambiental causada pelo descarte inadequado de medicamentos químicos, além da poluição do solo e da água por materiais biológicos contaminados. Embora existam diretrizes e normas claras para o descarte adequado desses materiais, como a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222/2018 da ANVISA no Brasil, que regula as práticas de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, e as orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS) para manejo seguro de resíduos hospitalares, a falta de conhecimento de alguns profissionais de saúde e da população em geral continua a ser um obstáculo significativo para

a implementação efetiva dessas práticas (Chisholm *et al.*, 2021). Nesse contexto, surge a necessidade de uma ferramenta que não apenas ensine, mas também envolva ativamente os usuários em processos de aprendizagem. Essa iniciativa está diretamente relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos em todas as idades, e o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, que busca garantir padrões sustentáveis de produção e consumo, incluindo a gestão adequada de resíduos hospitalares. Além disso, contribui para o ODS 4 – Educação de Qualidade, promovendo o aprendizado contínuo e acessível sobre o descarte correto de resíduos, e para o ODS 6 – Água Potável e Saneamento, reduzindo os impactos da contaminação ambiental por resíduos de saúde. Dessa forma, a plataforma digital proposta tem o potencial de gerar impacto positivo tanto na saúde pública quanto na sustentabilidade ambiental, alinhando-se às metas globais de desenvolvimento sustentável.

O problema central que essa plataforma visa abordar é a carência de conhecimento prático sobre o gerenciamento adequado de resíduos de saúde (Noronha, 2024, Coswosk *et al.*, 2018). Profissionais de saúde, por exemplo, podem ter uma formação técnica sólida, mas nem sempre recebem treinamentos contínuos sobre o descarte correto de resíduos específicos. Essa lacuna no conhecimento pode levar a práticas inadequadas, como o descarte incorreto de materiais contaminados, impactando diretamente o meio ambiente e a saúde coletiva.

A disponibilização de um agente conversacional nessa plataforma digital oferece uma maneira eficaz de enfrentar esse problema. O agente pode atuar como um facilitador de aprendizagem, simulando uma conversa natural e interativa, respondendo a perguntas, oferecendo orientações e corrigindo equívocos em tempo real (Cossull *et al.*, 2020). A principal vantagem dessa abordagem é que ela pode ser escalável, adaptando-se a diferentes públicos, desde profissionais de saúde até cidadãos comuns, personalizando o conteúdo e o ritmo de aprendizado conforme as necessidades e dúvidas de cada usuário.

Outro aspecto fundamental neste contexto é o uso da gamificação. A gamificação transforma o processo de aprendizagem em uma experiência mais envolvente e recompensadora, no qual os usuários são incentivados a completar tarefas e alcançar metas relacionadas ao descarte correto de resíduos (Alsawaier, 2018). Isso não apenas motiva os participantes a aprenderem mais, mas também cria um ambiente em que a retenção do conhecimento é reforçada por meio de práticas repetidas e recompensadas, estimulando a mudança de comportamento e a adoção de boas práticas.

Em suma, a plataforma digital combina a tecnologia com a necessidade de educação prática sobre o manejo de resíduos de saúde, enquanto o problema a ser enfrentado é a falta de disseminação desse conhecimento e a ausência de envolvimento ativo por parte de quem precisa aplicar essas práticas no dia a dia. A solução proposta, ao integrar agentes conversacionais e gamificação, apresenta uma abordagem inovadora e promissora para transformar essa realidade, oferecendo uma maneira eficaz de educar, engajar e promover mudanças comportamentais sustentáveis no gerenciamento de resíduos de saúde.

As redes de atenção secundária e terciária desempenham um papel fundamental na gestão de resíduos de saúde, já que englobam hospitais, clínicas especializadas e unidades de pronto atendimento que lidam diretamente com um alto volume de resíduos potencialmente perigosos. A atenção secundária compreende serviços que exigem maior especialização, como hospitais de médio porte e centros de especialidades médicas, enquanto a atenção terciária abrange unidades de alta complexidade, como hospitais universitários e centros de referência em oncologia e transplantes. Nessas redes, a correta segregação, armazenamento e descarte dos resíduos são essenciais para prevenir infecções, minimizar riscos ambientais e garantir conformidade com regulamentações sanitárias. A capacitação dos profissionais que atuam nesses níveis é crucial, pois lidam com materiais contaminantes diariamente. Dessa forma, a plataforma digital proposta se mostra especialmente relevante ao oferecer um ambiente interativo e dinâmico que facilita o aprendizado e incentiva a adoção de boas práticas na gestão de resíduos hospitalares.

Assim, o problema de pesquisa refere-se a: Uma plataforma digital, com a atuação de agente conversacional e de processos de interação colaborativa (gamificação), pode ser uma solução eficaz para capacitar profissionais em práticas de gestão e descarte correto de resíduos de saúde nas redes de atenção secundária e terciária? Desenvolver uma plataforma digital que não seja apenas informativa, mas que ativamente auxilie a transformar o conhecimento em ação prática e sustentável.

## **1.2 Justificativa**

A justificativa para o desenvolvimento de uma plataforma digital com agente conversacional e gamificação voltada para a educação em resíduos de saúde é fundamentada em diversas necessidades e desafios contemporâneos. O primeiro ponto de destaque é a crescente demanda por soluções tecnológicas que abordem problemas ambientais e de saúde pública. Resíduos de saúde, quando geridos inadequadamente, podem causar danos ambientais

significativos, como a contaminação do solo e da água, além de representar riscos diretos à saúde humana. Embora existam regulamentações sobre o descarte desses resíduos, a lacuna no conhecimento prático sobre essas normas persiste, principalmente, entre os profissionais de saúde (Sharma *et al.*, 2020). Nesse sentido, essa proposta contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), reforçando a importância da capacitação para uma gestão mais segura e sustentável dos resíduos hospitalares.

O segundo motivo para o desenvolvimento dessa plataforma está relacionado à eficácia da educação digital, especialmente, com o uso de agentes conversacionais. Esses agentes são capazes de simular interações humanas e fornecer respostas imediatas e personalizadas, o que facilita a construção de conhecimento e a correção de comportamentos inadequados (Cossull *et al.*, 2020). No contexto da gestão de resíduos de saúde, a interação com um agente pode auxiliar a esclarecer dúvidas específicas, tornando o processo de aprendizagem mais eficiente e acessível para uma gama maior de usuários, que pode variar desde profissionais de saúde até pessoas comuns que lidam com resíduos domésticos.

Ademais, a gamificação se justifica como uma estratégia de engajamento e motivação. Estudos mostram que a gamificação aplicada à educação aumenta a participação e a retenção de conteúdo (Smirani & Yamani, 2024; Sula, 2024; Looyestyn *et al.*, 2017). Com o uso de um sistema de metas, recompensas e *feedbacks* constantes, os usuários são incentivados a continuar aprendendo e aplicando os conhecimentos adquiridos. Isso é particularmente importante em temas que envolvem mudanças comportamentais, como o descarte correto de resíduos, no qual o simples fornecimento de informações pode não ser suficiente para garantir a adoção de boas práticas.

Outro ponto de justificativa está no fato de que, mesmo entre os profissionais de saúde, o treinamento contínuo e atualizado sobre resíduos nem sempre é uma prioridade. Muitos profissionais estão sobrecarregados com as exigências diárias de suas funções e não dispõem de tempo ou recursos para participar de treinamentos formais (Li, Bonk & Zhou, 2024; Morgan *et al.*, 2019). A plataforma com agente conversacional oferece uma alternativa flexível e prática, permitindo que o profissional se aperfeiçoe de maneira autônoma, em seu próprio ritmo, sem comprometer sua rotina de trabalho.

A justificativa também se apoia no fato de que a tecnologia digital está cada vez mais integrada ao cotidiano das pessoas. Com o aumento do acesso à internet e do uso de dispositivos móveis, uma plataforma educativa *online* torna-se uma ferramenta poderosa e de fácil disseminação (El-Sofany & El-Haggar, 2020). Ela permite o alcance de um público mais amplo,

quebrando barreiras geográficas e socioeconômicas, além de possibilitar atualizações contínuas de conteúdo, o que é crucial em um campo como a saúde, com novas informações e regulamentações surgindo frequentemente.

Por fim, o desenvolvimento dessa plataforma com agente conversacional e gamificação justifica-se pela sua capacidade de não apenas disseminar conhecimento, mas também de oferecer uma abordagem interativa e acessível para a capacitação dos profissionais de saúde. A combinação dessas duas abordagens permite um aprendizado ativo e dinâmico, que vai além da teoria, facilitando a assimilação das boas práticas no dia a dia. Dessa forma, o impacto positivo dessa plataforma pode ser observado tanto na melhoria da gestão de resíduos de saúde quanto na promoção de um ambiente mais saudável e sustentável para todos.

### **1.3 Objetivos geral e específicos**

O objetivo geral é desenvolver e validar a aplicação de uma plataforma digital, voltada para a educação em saúde, com foco em destacar práticas de gestão e descarte correto de resíduos de saúde nas redes de atenção secundária e terciária do município de Santa Cruz do Sul, RS, com atuação de um agente conversacional e de estratégias de gamificação.

Para alcançar o objetivo geral deste estudo, é fundamental desdobrar as ações necessárias em objetivos específicos que direcionem as etapas do desenvolvimento e investigação da plataforma digital, proposta. Esses objetivos visam detalhar as metas práticas e teóricas a serem alcançadas, garantindo que cada aspecto essencial do projeto seja abordado de maneira sistemática. Assim, os objetivos específicos servem como guia para o desenvolvimento dos conteúdos, das funcionalidades tecnológicas e das estratégias de avaliação da plataforma.

A seguir, são apresentados os objetivos específicos que nortearam o desenvolvimento da plataforma digital:

1. Desenvolver conteúdos educativos e interativos, baseados em boas práticas e regulamentações, em gestão e descarte correto de resíduos de saúde.
2. Desenvolver a estrutura de atuação e a base de conteúdo do agente conversacional Dóris® para oferecer suporte contínuo, responder dúvidas e promover a interação dos profissionais com a plataforma. O desenvolvimento dessa estrutura para a Dóris® é uma forte contribuição do trabalho, já que se trata de um agente que vem sendo aplicado em diferentes contextos, demonstrando sua adaptabilidade e potencial para aprimorar a educação em saúde.

3. Criar módulos de gamificação para estimular o engajamento dos usuários durante o processo de capacitação.
4. Validar a usabilidade da plataforma desenvolvida e a disponibilidade de conhecimentos sobre descarte e gerenciamento de resíduos de saúde, garantindo que a solução atenda às necessidades dos profissionais e contribua para a disseminação de boas práticas na área.

#### **1.4 Organização da Dissertação**

Esta dissertação está estruturada de maneira a apresentar progressivamente as etapas e contribuições do trabalho. O primeiro capítulo introduz o tema, contextualizando o problema de pesquisa e a relevância do desenvolvimento de uma plataforma digital com agente conversacional e elementos de gamificação para a educação em resíduos de saúde. São abordados os objetivos gerais e específicos, bem como a justificativa que fundamenta a importância desta investigação.

O segundo capítulo é dedicado à revisão da literatura, explorando conceitos fundamentais relacionados à gestão de resíduos de saúde, inteligência artificial aplicada à educação e gamificação. Este capítulo inclui ainda uma análise bibliométrica que evidencia lacunas no uso dessas tecnologias, reforçando a originalidade da proposta.

No terceiro capítulo, a metodologia é descrita detalhadamente, abordando as etapas de pesquisa e planejamento, desenvolvimento da solução e validação. A utilização de métodos como a pesquisa-ação e o *Design Science Research* é destacada, permitindo a integração de abordagens práticas e teóricas.

Os resultados obtidos e suas respectivas discussões são apresentados no quarto capítulo. Dados coletados durante a validação da plataforma são analisados, destacando a percepção dos usuários quanto à usabilidade, impacto educacional e engajamento. Esses resultados são conectados aos objetivos da pesquisa, oferecendo uma análise crítica das conquistas alcançadas.

O primeiro artigo derivado desta dissertação, conforme Apêndice A, foca na análise das lacunas na literatura científica quanto à aplicação da inteligência artificial na gestão educacional de resíduos de saúde. O artigo identificou que, apesar da crescente necessidade de soluções inovadoras, apenas 0,005% dos estudos exploram essa interseção, destacando a relevância de desenvolver ferramentas educacionais tecnológicas. Os resultados discutem potenciais razões para essa ausência e apontam a inteligência artificial como um catalisador promissor para a

sustentabilidade e a educação ambiental no setor de saúde. Dessa forma, este artigo responde diretamente ao objetivo específico de investigar as lacunas e desafios existentes na aplicação de inteligência artificial e gamificação para o ensino sobre descarte e gerenciamento de resíduos de saúde, reforçando a necessidade de soluções tecnológicas voltadas para essa área. Este artigo foi submetido e aceito para publicação no periódico *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista* – ENCITEC (Qualis A4 na área das Engenharias III).

O segundo artigo, conforme Apêndice B, aborda os resultados obtidos diretamente na dissertação, com foco no impacto da plataforma digital desenvolvida. Os dados coletados durante a validação evidenciam que o uso do agente conversacional Dóris® e da gamificação proporcionou melhorias significativas no conhecimento e nas práticas dos usuários em relação ao descarte correto de resíduos de saúde. O artigo conclui que a integração de tecnologias inovadoras não apenas potencializa o aprendizado, mas também promove mudanças comportamentais sustentáveis, contribuindo para o aprimoramento das práticas de gestão de resíduos no setor de saúde.

O terceiro artigo, conforme Apêndice C, aprofunda a análise da plataforma digital, destacando seu impacto na retenção de conhecimento e engajamento dos usuários por meio da gamificação e da interação com a assistente virtual Dóris®. Além disso, investiga a percepção dos profissionais de saúde sobre a adoção de tecnologias educacionais interativas, evidenciando como a abordagem gamificada contribui para a motivação e a aplicação prática das diretrizes de descarte correto. O estudo reforça que a combinação entre inteligência artificial e gamificação pode ser um catalisador para mudanças comportamentais sustentáveis, promovendo a conscientização e a adoção de práticas seguras e eficientes no manejo de resíduos hospitalares.

Por fim, a conclusão da dissertação sintetiza as principais contribuições do estudo, destacando seu impacto científico e prático, e propõe direções para pesquisas futuras.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura para este estudo se fundamenta em três pilares principais: gestão de resíduos de saúde, inteligência artificial aplicada à educação e gamificação. Além disso, foi realizada uma análise bibliométrica para identificar as tendências e lacunas na interseção entre esses temas.

### 2.1 Bibliometria

Uma análise bibliométrica foi conduzida com os termos “*artificial intelligence*”, “*healthcare waste management*” e “*health waste*” nas bases de dados Scopus, Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde (BVS) e PubMed Central (PMC), abrangendo o período de 2018 a 2023. Inicialmente, foram identificadas 44 publicações que exploravam a interseção entre inteligência artificial (IA) e gestão de resíduos de saúde. No entanto, após a remoção de 3 artigos duplicados, restaram 41 estudos relevantes para análise. Esse número representa apenas 0,004% do total de 933.481 publicações sobre IA que evidenciam a escassez de pesquisas voltadas à aplicação dessa tecnologia no gerenciamento de resíduos de saúde. Esses dados reforçam a originalidade e a importância desta pesquisa, destacando o potencial inovador da proposta ao integrar IA e gamificação para aprimorar o ensino e a prática na área da saúde.

A Tabela 1 apresenta os detalhes quantitativos da análise, ilustrando a baixa presença de estudos que investigam o uso da IA na gestão de resíduos, apesar do potencial significativo de transformação que essa tecnologia oferece para o setor de saúde.

**Tabela 1 - Bibliometria quantitativa**

Scopus, BVS e PubMed Central: PMC	“artificial intelligence”			(“healthcare waste management” OR “health waste”)		
	Scopus	BVS	PMC	Scopus	BVS	PMC
“artificial intelligence”	261.481	44.521	127.479	3	0	41
(“healthcare waste management” OR “health waste”)				216	117	402
("artificial intelligence") AND ("healthcare waste management" OR "health waste")				Scopus: 3	BVS: 0	PMC: 41

Fonte: Pesquisa realizada em 20/12/2024

A partir da análise em relação ao volume de publicações, a seguir apresenta-se uma descrição dos temas relacionados a esta pesquisa.

## 2.2 Gestão de Resíduos de Saúde

A gestão de resíduos de saúde é um componente crítico para a sustentabilidade ambiental e para a saúde pública. Esses resíduos, compostos por materiais como seringas, medicamentos vencidos e instrumentos contaminados, exigem práticas rigorosas para evitar riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Estudos demonstram que a má gestão desses resíduos pode levar à contaminação de corpos d'água, solo e ar, além de aumentar a transmissão de doenças infecciosas, especialmente, em populações vulneráveis e trabalhadores que lidam diretamente com os resíduos (Hossain *et al.*, 2011; Khan *et al.*, 2019).

Apesar de existirem regulamentações claras, como a Resolução RDC nº 222/2018 da ANVISA no Brasil, que estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos em serviços de saúde, a adoção de práticas adequadas ainda enfrenta diversos desafios. Entre eles, destacam-se a falta de treinamento adequado, a baixa conscientização dos profissionais de saúde e da população geral e a complexidade logística relacionada ao descarte, coleta e tratamento desses materiais (Chisholm *et al.*, 2021).

Além disso, os resíduos de saúde apresentam características específicas que os tornam perigosos. Resíduos infecciosos, como seringas usadas, podem transmitir patógenos como HIV (*Human Immunodeficiency Virus* - Vírus da Imunodeficiência Humana) e hepatite. Resíduos químicos, como medicamentos vencidos, podem contaminar o solo e a água se descartados inadequadamente. Instrumentos perfurocortantes representam risco direto de acidentes ocupacionais para trabalhadores da saúde e catadores de recicláveis, resultando em graves consequências para a saúde pública (Kenny & Priyadarshini, 2021).

Embora algumas instituições implementem práticas de gestão de resíduos com sucesso, estudos apontam que a falta de padronização e o desconhecimento das regulamentações impedem uma aplicação mais ampla e eficiente (Coswosk *et al.*, 2018). Para enfrentar esses desafios, é essencial investir em soluções educativas e tecnológicas que promovam a conscientização e o engajamento ativo dos profissionais e da população.

### **2.3 Inteligência Artificial Aplicada à Educação**

A Inteligência Artificial (IA) é um avanço tecnológico que está redefinindo o modo como vivemos e trabalhamos, inclusive no setor de saúde. A IA, que consiste na capacidade das máquinas de aprender a partir da experiência, adaptar-se a novas informações e realizar tarefas que normalmente exigiriam intervenção humana, está sendo cada vez mais reconhecida por seu potencial disruptivo (Kaswan, Dhatteerwal & Ojha, 2024).

O uso de IA na educação tem demonstrado potencial para transformar os métodos tradicionais de ensino em experiências de aprendizado mais personalizadas e adaptativas. A IA possibilita a criação de sistemas educacionais que se ajustam às necessidades, ritmo e estilo de aprendizado de cada indivíduo, promovendo melhor retenção de conhecimento e engajamento dos estudantes (Haque, 2022). Tecnologias baseadas em IA, como sistemas tutores inteligentes e agentes conversacionais, têm sido amplamente utilizadas para oferecer suporte contínuo aos estudantes, fornecendo *feedback* em tempo real e adaptando o conteúdo às lacunas de conhecimento identificadas.

No contexto da gestão de resíduos de saúde, a IA pode desempenhar um papel crucial como catalisador para a disseminação de informações e a promoção de conscientização. A personalização do conteúdo educacional sobre o manejo correto de resíduos permite atender a públicos diversificados, como profissionais da saúde, gestores e a população em geral, tornando o aprendizado mais relevante e eficaz. Além disso, agentes conversacionais guiados por IA

podem atuar como tutores virtuais (Cossul *et al.*, 2018), respondendo a dúvidas, corrigindo equívocos e orientando os usuários em práticas seguras e sustentáveis.

Apesar do progresso significativo, Andeobu *et al.* (2022) apontam importantes lacunas na aplicação da IA como ferramenta educacional para práticas adequadas de descarte de resíduos de saúde, sendo, por exemplo: i) escassez de estudos que integrem a IA a sistemas educacionais específicos para o gerenciamento de resíduos; ii) muitas das aplicações educacionais de IA concentram-se em áreas como ciências exatas ou ensino de línguas, enquanto temas relacionados à sustentabilidade e à saúde pública permanecem subexplorados.

Além disso, segundo Sun (2012), muitos sistemas existentes falham em abordar as necessidades contextuais e culturais dos usuários. No caso do descarte de resíduos, diferentes regiões possuem regulamentações, práticas e desafios específicos que precisam ser incorporados nos sistemas de IA para garantir relevância e eficácia. A falta de integração de dados regionais ou nacionais limita a aplicabilidade dessas ferramentas em contextos específicos.

Outro ponto relevante é a ausência de soluções que combinem IA com elementos de gamificação para promover engajamento e mudanças comportamentais. Embora estudos demonstrem que a gamificação pode melhorar significativamente a motivação dos usuários (Dewi, 2024; Nguyen-Viet, Nguyen-Duy & Nguyen-Viet, 2024), poucas iniciativas utilizam essa abordagem em conjunto com IA para ensinar práticas adequadas de descarte de resíduos (Andeobu *et al.*, 2022).

Por fim, Strielkowski *et al.* (2024) sugerem que futuras pesquisas devem focar no desenvolvimento de plataformas educacionais baseadas em IA que não apenas forneçam conteúdo informativo, mas também incentivem a prática e a adoção de comportamentos sustentáveis por meio de simulações interativas, desafios gamificados e *feedback* contínuo. Essa abordagem pode preencher as lacunas atuais, contribuindo para uma gestão mais eficiente e responsável de resíduos de saúde.

Uma área da IA que pode ser útil na educação de usuários, como os profissionais de saúde e sociedade em geral sobre a gestão de resíduos, é a de Agentes Conversacionais (*chatbots*). Os *chatbots* podem fornecer *feedback* em tempo real, permitindo que os usuários melhorem suas práticas continuamente.

### 2.3.1 Agentes conversacionais

À medida que ocorrem avanços na era digital, os Agentes Conversacionais, ou *chatbots*, estão emergindo como poderosas ferramentas de comunicação. Como programas de computador projetados para simular conversas humanas, eles servem a uma variedade de propósitos, desde fornecer informações e suporte ao usuário até atuar como assistentes virtuais, atendendo a uma ampla gama de necessidades (Adamopoulou & Moussiades, 2020).

Estes *chatbots* possuem capacidade de se adaptar e aprender com as interações dos usuários, permitindo-lhes oferecer respostas cada vez mais precisas e personalizadas. Na área da saúde, os *chatbots* podem aprimorar a comunicação entre paciente e médico ou, ainda, aumentar a demanda por serviços de saúde por testes remotos, adesão à medicação ou consultas por telefone. E, mesmo esses sistemas sendo considerados inferiores a consultas médicas e terem problemas com falta de empatia, podem oferecer conveniência e anonimato para o usuário, o que seria um fator positivo (Nadarzynski *et al.*, 2019).

Há diversos exemplos de agentes conversacionais no histórico da área. A Eliza foi o primeiro *chatbot* desenvolvido, com o objetivo de simular uma conversa com um psicanalista, instigando o “usuário” com questionamentos, sendo proposta pelo professor Joseph Weizenbaum em 1966 no Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Heller *et al.*, 2005). Como segunda geração, cita-se o *chatbot* Julia, que utiliza técnicas de inteligência artificial mais sofisticadas, desenvolvido por Michael Mauldin em 1994 no Carnegie Mellon University (CMU), atuando como um personagem em um ambiente virtual de jogo conhecido como Multi-User Dungeon (TinyMUD), a fim de auxiliar os usuários indicando os melhores movimentos e tomar a melhor decisão no jogo (Filho, 2009). E os atuais como a Lu (Magazine Luiza), a Laura (Hospitais), a Joice (Operadora Telefônica OI), que atuam como assistentes virtuais.

O ChatGPT, desenvolvido pela OpenAI, é um dos modelos de linguagem natural mais avançados disponíveis atualmente (Roumeliotis & Tselikas, 2023). Baseado na arquitetura GPT (*Generative Pre-trained Transformer*), o ChatGPT utiliza uma vasta quantidade de dados textuais para realizar previsões e gerar textos de forma autônoma, simulando a conversação humana com alta precisão. Este modelo tem sido amplamente utilizado em diversas aplicações, incluindo assistentes virtuais, geração de conteúdo, atendimento ao cliente, e, recentemente, na educação e treinamento de profissionais em diferentes setores. Além disso, o ChatGPT tem demonstrado potencial para transformar experiências de aprendizado autodidático, fornecendo suporte personalizado e interativo, auxiliando na motivação e no engajamento dos estudantes que buscam autonomia em seu aprendizado (Firat, 2023).

Já o Agente Dóris® foi desenvolvido em uma parceria entre estudantes e docentes do grupo de pesquisa Sistemas Computacionais de Apoio à Educação, tendo marca registrada de titularidade da Associação Pró-Ensino em Santa Cruz do Sul (APESC), mas de direitos autorais da equipe de pesquisa (Anexos A e B, respectivamente). Dóris® é um agente conversacional, que expressa emoções, sendo um marco significativo na junção da inteligência artificial com a educação. Originada na pesquisa de Santos *et al.* (2001), na Universidade de Santa Cruz do Sul, Dóris foi concebida como um agente de acompanhamento pedagógico para Sistemas Tutores Inteligentes. Em Cossul *et al.* (2018) é apresentada uma organização cronológica das publicações do grupo de pesquisa Sistemas Computacionais de Apoio à Educação, no período de 2001 a 2017, sobre a agente Dóris, com as funcionalidades da Dóris no ambiente virtual personalizado, suas implementações e validações, além de atualizações que buscavam o aperfeiçoamento das suas atividades.

Na sua origem, o papel fundamental da Dóris® é acompanhar a interação do estudante com o sistema tutor inteligente, extrair as informações necessárias à modelagem das características de aprendizagem do estudante, usado na personalização do ambiente, e auxiliar e orientar o estudante durante a construção de seu aprendizado. Desde a sua concepção, Dóris® passou por aprimoramentos tecnológicos e científicos, sempre com o objetivo de melhor atender às necessidades dos estudantes e otimizar o processo de ensino e aprendizagem. O agente Dóris® é um exemplo vívido de como a inteligência artificial pode ser utilizada para auxiliar em processos de aprendizado, considerando as necessidades individuais dos estudantes e tornando o aprendizado mais interativo e envolvente (Cossul *et al.*, 2018). A Figura 1 ilustra a arquitetura da Dóris.

**Figura 1 - Módulos da Agente Dóris**



Fonte: (Cossul *et al.*, 2018)

Sua arquitetura é composta por três módulos (Cossul *et al.*, 2018), descritos a seguir.

- **Módulo Perceptivo:** o processo se inicia nesse módulo, que é responsável por receber como entrada a interação realizada pelo usuário, que poderá ser por meio de áudio ou texto. Quando a interação é através de áudio é realizada a conversão para texto. Após realizar o processo de entrada de informação, ocorre o encaminhamento de dados para o módulo cognitivo.
- **Módulo Cognitivo:** neste módulo são realizadas as tomadas de decisão, ou seja, o agente determina e pensa em relação às ações que serão tomadas futuramente.
- **Módulo Reativo:** este módulo tem como objetivo responder, por meio de áudio ou texto, a decisão tomada pelo módulo cognitivo.

## 2.4 Gamificação em Ambientes Educacionais

A gamificação, definida como a aplicação de elementos de jogos em contextos não lúdicos, tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia eficaz para engajamento e motivação dos usuários. Elementos como pontuação, níveis, recompensas e desafios são incorporados em ambientes educacionais para tornar o aprendizado mais atrativo e dinâmico. Estudos mostram que a gamificação pode melhorar significativamente a retenção de conhecimento, facilitando a internalização de conceitos e incentivando a adoção de novas práticas (Alsawaier, 2018). Além disso, ao transformar tarefas rotineiras em experiências interativas, a gamificação contribui para a criação de uma conexão emocional positiva com o processo de aprendizado (Zichermann & Cunningham, 2011).

No entanto, as aplicações da gamificação em contextos educacionais variam amplamente. Enquanto algumas abordagens utilizam apenas elementos básicos, como sistemas de pontuação, outras exploram narrativas imersivas e simulações complexas para envolver os usuários. Estudos sugerem que a gamificação tem sido particularmente eficaz em áreas como treinamento corporativo, aprendizado de idiomas e educação ambiental (Pelling, 2016; Deterding *et al.*, 2011; Fardo, 2013). Por exemplo, sistemas gamificados têm sido utilizados para ensinar práticas de sustentabilidade, incentivando usuários a adotar comportamentos mais ecológicos, como reciclagem e redução de desperdício (Nordby *et al.*, 2016).

No campo da gestão de resíduos de saúde, a combinação de gamificação com tecnologias avançadas, como a inteligência artificial, ainda é pouco explorada. Alguns estudos começaram a investigar essa relação, mas permanecem desafios significativos. Por exemplo,

Mahmud *et al.* (2023) exploraram o uso de robôs sociais interativos para promover a educação ambiental em crianças de 3 a 8 anos, destacando que a integração de IA e gamificação pode maximizar o engajamento e a eficácia do aprendizado. Contudo, os autores enfatizam que a personalização do conteúdo continua sendo um desafio, especialmente, em contextos culturais e regulamentares diversos.

Outro exemplo é o estudo de Patricio *et al.* (2020), que utilizaram a gamificação como ferramenta para promover a cocriação de soluções inovadoras e sustentáveis. Os resultados indicaram uma melhora significativa no engajamento dos participantes, mas a falta de integração com tecnologias, como a inteligência artificial, limitou a capacidade do sistema de personalizar as interações e adaptar-se às necessidades individuais dos usuários. Esses achados destacam a importância de combinar gamificação com IA para potencializar o impacto educacional e comportamental de tais sistemas.

Além disso, a gamificação pode enfrentar barreiras em sua implementação. Alguns usuários podem perceber os elementos gamificados como superficiais ou desnecessários, especialmente, em contextos profissionais, como o setor de saúde. Para superar essa resistência, é essencial que os elementos de jogo estejam alinhados com os objetivos educacionais e sejam percebidos como relevantes para os desafios enfrentados pelos usuários.

Dessa forma, a combinação de gamificação e IA apresenta uma oportunidade para abordar lacunas na educação sobre gestão de resíduos de saúde. Enquanto a gamificação pode auxiliar no engajamento e promover a retenção de conhecimento, a IA pode personalizar o conteúdo e fornecer *feedback* em tempo real, criando uma experiência de aprendizado mais eficaz e adaptativa. Essa abordagem integrada tem potencial para transformar não apenas o aprendizado, mas também os comportamentos relacionados ao descarte de resíduos, promovendo práticas mais sustentáveis e conscientes.

## **2.5 Considerações do Capítulo**

A revisão de literatura evidencia a escassez de estudos que integrem os três pilares discutidos. A análise bibliométrica reforça a necessidade de pesquisas que explorem a interseção entre gestão de resíduos, inteligência artificial e gamificação. A proposta deste trabalho busca preencher essa lacuna, desenvolvendo uma plataforma digital inovadora que utilize essas tecnologias para melhorar a educação e as práticas de gerenciamento de resíduos no setor da saúde.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a descrição do desenvolvimento da plataforma digital e os resultados obtidos a partir da análise das respostas do formulário de avaliação da plataforma, detalhando as percepções e experiências dos usuários em relação às funcionalidades e usabilidade oferecidas. Os dados coletados refletem tanto os pontos fortes quanto as áreas de melhoria identificadas, fornecendo subsídios para a compreensão aprofundada do impacto da plataforma e direcionando futuros aprimoramentos.

#### 4.1 Desenvolvimento da Plataforma Digital

O desenvolvimento da plataforma foi conduzido em etapas planejadas e iterativas, seguindo os princípios da metodologia ágil, permitindo ajustes contínuos com base no *feedback* da equipe da pesquisa (Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – PPGSPI e Programa de Pós-Graduação em Saúde – PPGPS da UNISC). A proposta central foi desenvolver uma plataforma digital que integra um agente conversacional, elementos de gamificação e conteúdos educativos para promover o aprendizado interativo e o engajamento dos usuários na gestão de resíduos de saúde. Todo o processo foi orientado por requisitos previamente levantados com a equipe de saúde colaboradora do projeto, evidenciando o método de pesquisa-ação, assegurando que as funcionalidades fossem alinhadas às demandas práticas do público-alvo. A Tabela 2 apresenta um resumo dos requisitos coletados durante esse processo, evidenciando as necessidades identificadas e incorporadas ao desenvolvimento da plataforma digital.

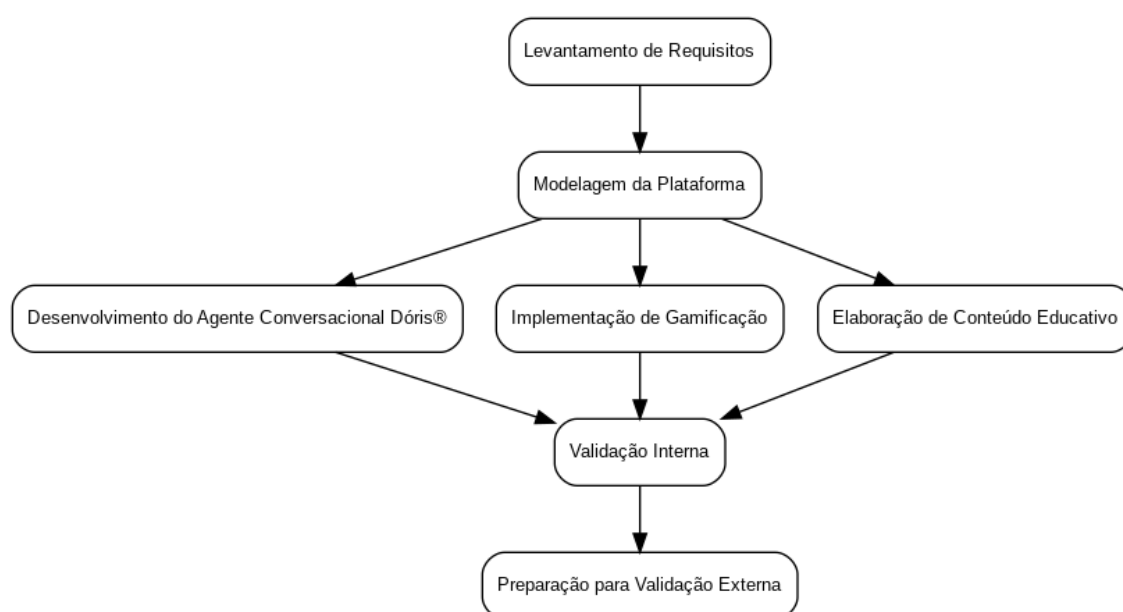
**Tabela 2 - Lista de Requisitos para a Plataforma**

Requisitos/necessidades/funcionalidades	Descrição	Elemento a utilizar (estratégia de gamificação – interação com a Dóris®)
Login de Acesso	Sistema de login seguro para funcionários e administradores com diferentes níveis de acesso.	Autenticação baseada em níveis de usuário e senhas encriptadas.
Sistema de Gamificação	Mecanismos de pontuação e recompensas aplicadas ao processo de aprendizado para estimular a participação dos usuários. <i>Feedbacks</i> interativos e sistema de conquistas para reforçar o engajamento e a adesão às boas práticas.	Pontuações e tabelas de liderança para incentivar a competição saudável.
Banco de Informações	Acesso a informações, legislações municipais e busca de conhecimento através da assistente virtual Dóris®.	Pesquisa inteligente e interativa com respostas contextuais fornecidas pela Dóris®.

Requisitos/necessidades/funcionalidades	Descrição	Elemento a utilizar (estratégia de gamificação – interação com a Dóris®)
Gerenciamento de Resíduos Hospitalares	Informações e procedimentos para gerenciamento adequado de resíduos hospitalares.	Guias passo a passo e <i>checklists</i> interativos para garantir a aderência às práticas recomendadas.
Administração e Aprovação de Dados	Inclusão e modificação de dados pelos usuários ADM e sistema de aprovação para Super Admin.	Fluxo de trabalho de aprovação com notificações e lembretes para Super Admin validar as inclusões.

A Figura 6 apresenta o fluxo do processo de desenvolvimento da plataforma digital, detalhando as etapas fundamentais para sua construção e validação. Inicialmente, é realizado o levantamento de requisitos, que serve como base para a modelagem da plataforma digital, sendo a estrutura e as funcionalidades principais definidas. Em seguida, o processo se ramifica em três atividades paralelas: o desenvolvimento do agente conversacional Dóris®, a implementação de gamificação e a elaboração de conteúdo educativo, todas visando atender aos objetivos propostos. Após a conclusão dessas etapas, ocorre a validação interna, na qual o sistema é testado e refinado. Por fim, é realizada a preparação para validação externa, garantindo que a plataforma digital esteja pronta para ser avaliada por usuários externos em um ambiente real.

**Figura 2 - Fluxograma do desenvolvimento da plataforma**



A arquitetura da plataforma digital, apresentada na Figura 7, foi modelada para oferecer uma interface intuitiva e acessível, com foco na experiência do usuário. O sistema foi estruturado em módulos interativos, incluindo o agente virtual Dóris®, o Jogo do Descarte Correto e uma seção de artigos educativos. Cada módulo foi projetado para atuar de maneira complementar, garantindo que os usuários tivessem acesso a uma melhor usabilidade integrada e personalizada. A interface foi desenhada para facilitar a navegação e apresentar as informações de forma clara.

**Figura 3 - Arquitetura da plataforma**



A plataforma digital foi desenvolvida utilizando o *framework* Phoenix com Elixir, proporcionando alta escalabilidade e eficiência para suas funcionalidades. Sua estrutura é organizada em diferentes camadas, garantindo separação de responsabilidades e modularidade.

A interface do usuário foi construída utilizando Phoenix LiveView, permitindo a criação de experiências dinâmicas sem a necessidade de JavaScript adicional. Os arquivos responsáveis pela renderização das páginas LiveView estão localizados em `lib/app_web/live/`, sendo que cada módulo gerencia uma funcionalidade específica. Dentro dessa estrutura, há seções dedicadas à autenticação de usuários, exibição de cursos, gerenciamento de gamificação e interação com o agente conversacional. Os componentes reutilizáveis da interface ficam

armazenados em `lib/app_web/components/`, garantindo uma melhor organização e reutilização de código.

O *backend* da plataforma contém a lógica de negócios e está estruturado em `lib/app/`. Esse diretório abriga diferentes módulos responsáveis por funcionalidades essenciais, como o gerenciamento de gamificação, a manipulação de usuários e autenticação, além da administração de cursos e jogos. O módulo `gamefication.ex` é responsável pela mecânica de gamificação, como atribuição de pontos e desafios. Já `games.ex` gerencia os jogos educacionais, enquanto `courses.ex` trata da estruturação dos cursos oferecidos. O controle de contas e usuários é realizado pelos arquivos `accounts.ex` e `users.ex`, enquanto `mailer.ex` é responsável pelo envio de notificações por *e-mail*.

Uma das funcionalidades mais inovadoras da plataforma digital é a integração com a API da OpenAI, permitindo o funcionamento do agente conversacional Dóris®. Os arquivos relacionados à comunicação com essa inteligência artificial estão agrupados na pasta em `lib/app/openai/`. O módulo `doris.ex` e suas variações, como `doris2.ex` e `doris_game.ex`, implementam diferentes interações do *chatbot*, tornando-o capaz de fornecer respostas personalizadas aos usuários. Além disso, `openai_service.ex` gerencia todas as requisições enviadas à OpenAI, garantindo um fluxo contínuo de comunicação. O arquivo `bot.ex` implementa a lógica geral do *chatbot*, e `dispose.ex` está vinculado à funcionalidade de orientar sobre o descarte adequado de resíduos, dentro do contexto educativo da plataforma digital.

O armazenamento de dados da aplicação é gerenciado pelo sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL, utilizando Ecto como camada de persistência. O modelo de banco de dados é distribuído entre diferentes módulos do *backend*. As informações de usuários, por exemplo, são armazenadas no arquivo `accounts/user.ex`. O módulo `games/game.ex` mantém os dados relacionados aos jogos, enquanto `courses/course.ex` estrutura o armazenamento dos artigos educacionais disponíveis na plataforma digital. A gamificação também possui seu próprio banco de dados, armazenado no arquivo `gamefications/gamefication.ex`. Todas as migrações e ajustes estruturais do banco estão organizados em `priv/repo/migrations/`.

O roteamento e gerenciamento de requisições são tratados de maneira eficiente pelo Phoenix. O arquivo `router.ex`, localizado em `lib/app_web/`, define todas as rotas da aplicação, conectando *endpoints* às respectivas funcionalidades. A configuração das conexões WebSocket e da interface de comunicação em tempo real do LiveView fica a cargo do arquivo

`endpoint.ex`, garantindo que os usuários possam interagir com a plataforma digital sem necessidade de recarregar a página.

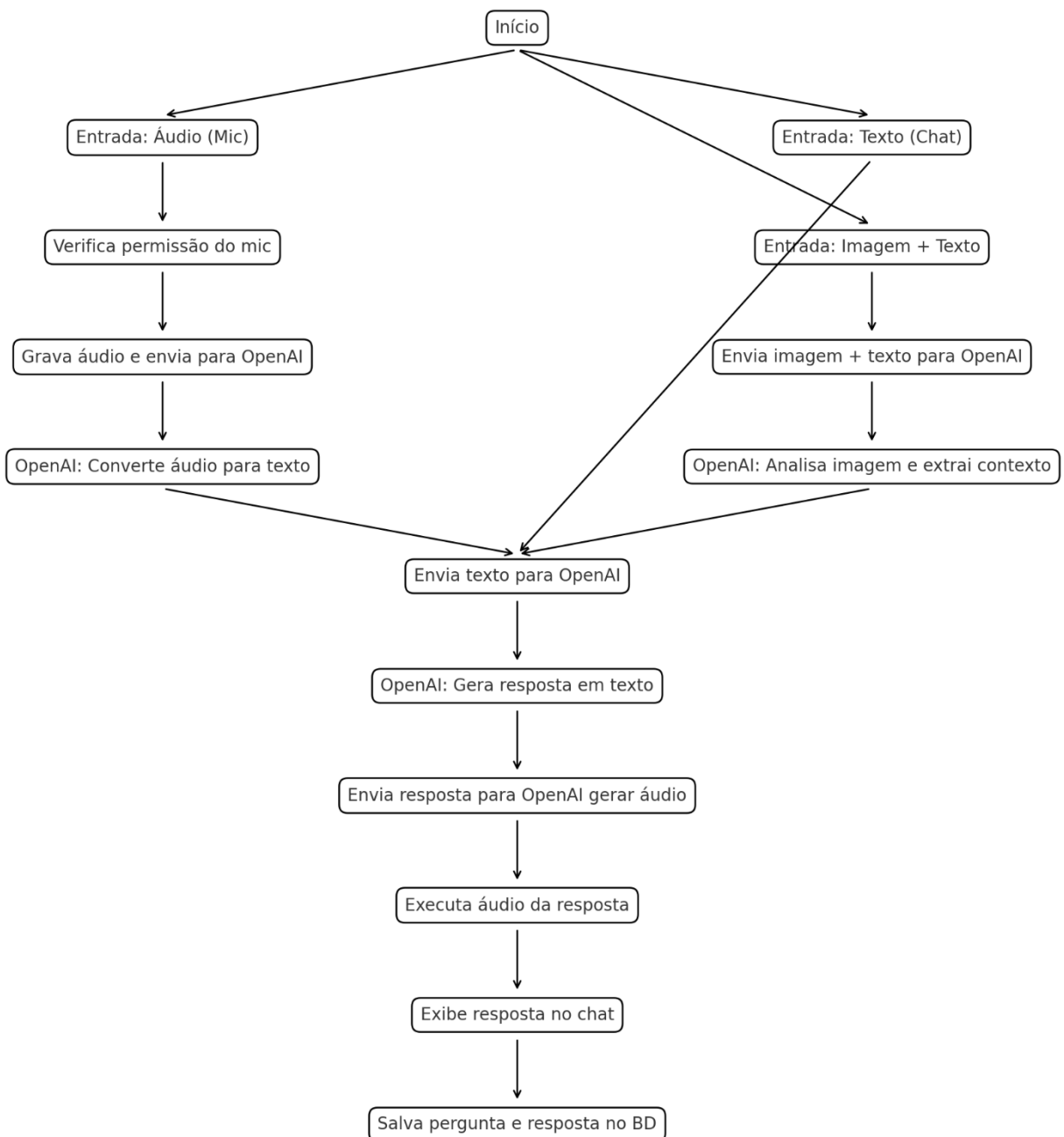
A segurança do sistema foi projetada para garantir a privacidade e a integridade dos dados. O mecanismo de autenticação é gerenciado por diferentes módulos, incluindo `user_token.ex`, que lida com a geração e validação de *tokens* de acesso. Além disso, `user_notifier.ex` é responsável pelo envio de notificações por *e-mail* para recuperação de senha e alertas importantes. O *middleware* `user_auth.ex`, localizado em `lib/app_web/auth/`, atua como camada de proteção, verificando a identidade dos usuários antes de permitir acesso a determinadas áreas da plataforma digital.

A implantação da plataforma foi configurada para o Fly.io, utilizando contêineres Docker para garantir maior escalabilidade e facilidade na gestão da infraestrutura. O arquivo `Dockerfile` define como a aplicação é empacotada e executada dentro de um ambiente Docker, enquanto `fly.toml` contém as configurações necessárias para a implantação no Fly.io. Além disso, os arquivos `.env.example` e `.env.local` armazenam variáveis de ambiente, permitindo personalização sem necessidade de alterar o código diretamente.

A Figura 8 apresenta o fluxograma detalhado da interação da agente conversacional Dóris® na plataforma digital, contemplando as diferentes formas de entrada de dados e seu processamento por meio da API da OpenAI. O fluxo inicia-se com três possíveis formas de entrada: áudio captado pelo microfone, texto digitado pelo usuário no *chat* ou imagem acompanhada de um texto. No caso do áudio, o sistema verifica a permissão do navegador para acessar o microfone; caso concedida, inicia-se a captura do áudio do usuário. O áudio gravado é, então, enviado para a OpenAI para ser convertido em texto por meio do serviço de reconhecimento de fala. Essa conversão é essencial para uniformizar as entradas, já que todas as interações subsequentes ocorrem a partir do formato textual. No fluxo de entrada por texto digitado, o conteúdo é enviado diretamente para a API da OpenAI para que a resposta seja gerada. No caso de entrada por imagem acompanhada de texto, a imagem e o texto são enviados para a OpenAI, que realiza a análise contextual da imagem, permitindo que a resposta seja formulada com base na interpretação do conteúdo visual. Independentemente da forma de entrada, o texto resultante é enviado para a OpenAI para a geração da resposta, a qual, após ser processada, segue para dois caminhos simultaneamente: exibição no *chat* do usuário e conversão em áudio. Para a conversão em áudio, a resposta textual é novamente enviada à OpenAI para que seja sintetizada em voz, e, ao receber o arquivo de áudio gerado, a plataforma o executa para o usuário. Por fim, todas as interações são armazenadas no banco de dados,

registrando tanto a pergunta do usuário quanto a resposta da Dóris®, garantindo rastreabilidade e permitindo futuras análises e melhorias do sistema. Esse fluxo garante que a agente conversacional funcione de maneira dinâmica e eficiente, fornecendo respostas interativas e multimodais de acordo com a necessidade do usuário. O Apêndice G ilustra exemplos de interação da Dóris® com usuários.

**Figura 4 - Fluxograma da Interação da Dóris® na Plataforma**

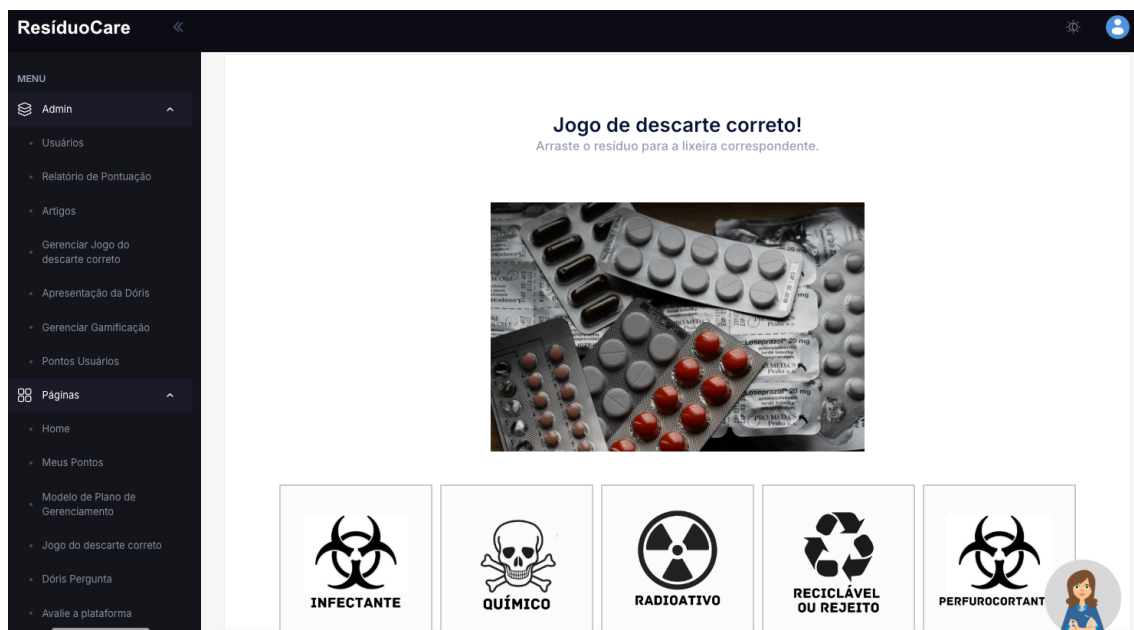


Em resumo, a arquitetura da plataforma digital é bem estruturada e modular, separando claramente cada responsabilidade no sistema. A combinação entre Phoenix LiveView, Ecto, OpenAI e a abordagem funcional do Elixir proporciona uma experiência fluida e altamente escalável. O uso do agente conversacional Dóris® traz um diferencial inovador, permitindo interações interativas e personalizadas com os usuários.

A base de conhecimento do agente conversacional Dóris® foi desenvolvida utilizando a API da OpenAI, permitindo interações dinâmicas e personalizadas. O papel da Dóris® vai além de responder perguntas; ela atua como uma facilitadora do aprendizado, oferecendo explicações detalhadas sobre práticas de descarte de resíduos hospitalares e corrigindo equívocos em tempo real. A integração com técnicas de engenharia de *prompts* garantiu que as respostas fossem precisas e adaptadas às necessidades dos usuários. Além disso, Dóris® foi programada para fornecer suporte interativo por meio de texto e áudio, tornando o aprendizado mais inclusivo e engajador.

Os elementos gamificados foram incorporados para incentivar o engajamento dos usuários e reforçar a construção de conhecimento. O Jogo do Descarte Correto (Figura 9) é uma das principais funcionalidades gamificadas, no qual os participantes precisam classificar resíduos hospitalares em categorias adequadas, como infectantes, químicos ou perfurocortantes. O jogo oferece *feedback* imediato, com explicações educativas tanto para respostas corretas quanto incorretas. Além disso, a plataforma digital inclui um sistema de pontuação que motiva os usuários a completarem tarefas e acessarem conteúdos, promovendo uma experiência de aprendizado contínuo e recompensador.

**Figura 5 - Jogo do Descarte Correto**



Os conteúdos educativos foram desenvolvidos com base nas regulamentações da ANVISA e nas melhores práticas de gerenciamento de resíduos. Esses materiais estão organizados em artigos acessíveis diretamente pela plataforma digital e estruturados para atender a diferentes perfis profissionais, como enfermeiros, técnicos de enfermagem e gestores. Um exemplo, apresentado na Figura 10 é o hipertexto *Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS)*, que inclui um vídeo (Figura 11) explicativo sobre o que é o PGRSS e como ele funciona. O PGRSS é obrigatório para estabelecimentos de saúde e essencial para o manejo seguro e eficiente dos resíduos hospitalares. Outro destaque, conforme a Figura 12, é o artigo *Resíduos Biológicos: O Que São e Como Descartar com Segurança?*, que traz um vídeo (Figura 13) abordando a importância do descarte correto dos resíduos biológicos, uma das categorias mais críticas dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). O vídeo explica como identificá-los e descreve o processo adequado de descarte para evitar riscos à saúde e ao meio ambiente. Além disso, o artigo (Figura 14) *Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos* apresenta, de forma detalhada, todos os passos para a criação de um plano eficiente. Esses são alguns exemplos de conteúdos disponíveis na plataforma digital, acessíveis tanto para gestores quanto para colaboradores.

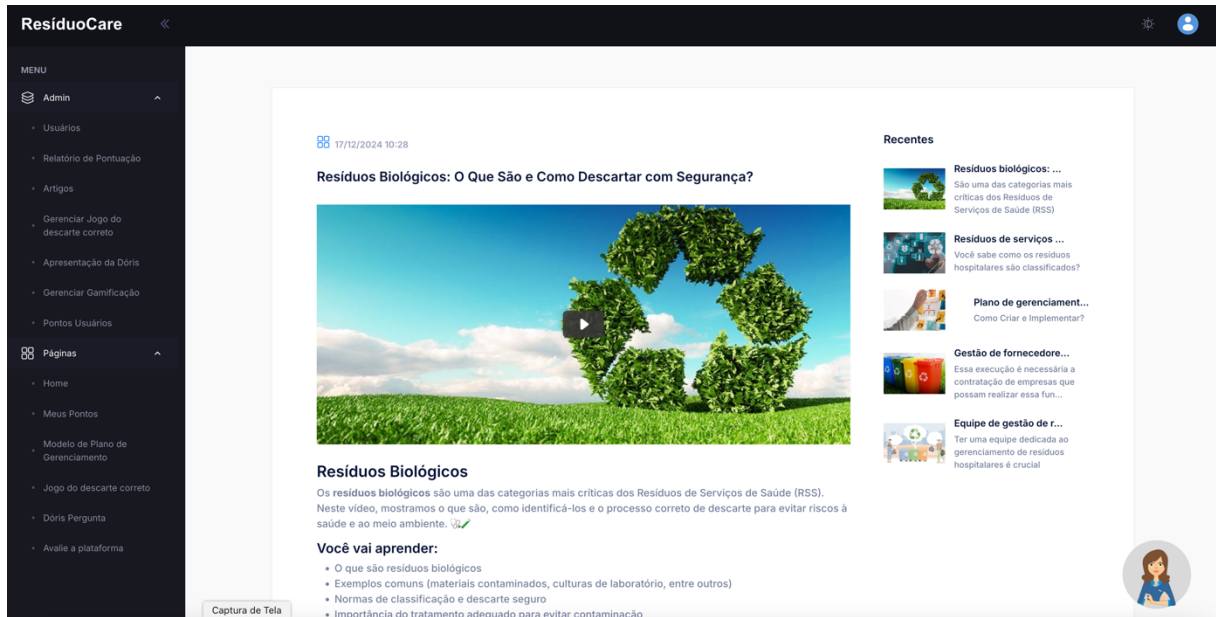
**Figura 6 - Artigo sobre o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**

The screenshot shows the ResíduoCare platform interface. On the left is a dark sidebar menu with options like 'Admin', 'Usuários', 'Relatório de Pontuação', 'Artigos', 'Gerenciar Jogo do descarte correto', 'Apresentação da Dóris', 'Gerenciar Gamificação', 'Pontos Usuários', 'Páginas', 'Home', 'Meus Pontos', 'Modelo de Plano de Gerenciamento', 'Jogo do descarte correto', 'Dóris Pergunta', and 'Avalie a plataforma'. The main content area features an article titled 'Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde' dated 17/12/2024 10:20. Below the title is a video thumbnail showing a hand pointing to a 'WING- PROTECT MANAGEMENT' diagram. The article text states: 'Você sabe o que é PGRSS e como ele funciona? O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde é obrigatório para estabelecimentos de saúde e essencial para o manejo seguro e eficiente dos resíduos hospitalares.' To the right, a 'Recentes' section lists related topics: 'Resíduos biológicos...', 'Resíduos de serviços...', 'Plano de gerenciamento...', 'Gestão de fornecedores...', and 'Equipe de gestão de r...'. At the bottom, there are social media sharing icons and a 'Captura de Tela' button.

**Figura 7 – Vídeo do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**

The screenshot shows a video player interface. The video title is 'Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde: Como Criar e Implementar?'. The video content features a woman in a blue top sitting at a desk with a laptop, presenting. In the background, a large screen displays the logo for 'PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado e Doutorado em Promoção da Saúde' and a 'UNISC' sign. The video player includes standard controls like 'Assistir m...', 'Compartilh...', and 'Assistir no YouTube'. A 'Captura de Tela' button is visible at the bottom.

**Figura 8 - Artigo sobre Resíduos Biológicos: O Que São e Como Descartar com Segurança?**



**Figura 9 - Vídeo do artigo Resíduos Biológicos: O Que São e Como Descartar com Segurança?**



**Figura 10 - Artigo sobre a Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos**



A integração de todos os módulos resultou em uma plataforma digital robusta e escalável, capaz de atender tanto às necessidades individuais quanto às exigências institucionais. Com uma infraestrutura otimizada e interfaces cuidadosamente projetadas, a *ResíduoCare* se apresenta como uma ferramenta inovadora para promover práticas sustentáveis e seguras no gerenciamento de resíduos de saúde.

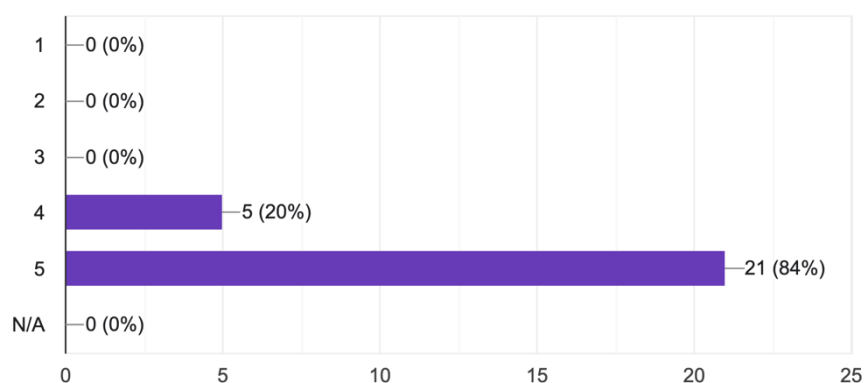
## 4.2 Análise dos Resultados da Validação

A análise dos dados coletados revelou *insights* importantes sobre a percepção dos usuários em relação à experiência de uso e às funcionalidades da plataforma digital. Com um total de 25 respostas, foi possível identificar padrões de satisfação e apontar áreas de melhoria. O perfil dos participantes demonstrou uma ampla diversidade de cargos e funções, incluindo 1 coordenador de enfermagem, 7 enfermeiros, 7 técnicos de enfermagem, 1 estagiário de enfermagem, 1 enfermeira assistencial, 3 técnicos de radiologia, 1 assistente de atendimento de radioterapia e 4 agentes de higienização. Essa diversidade evidencia a capacidade da plataforma digital de atender a diferentes segmentos profissionais, reforçando sua utilidade em contextos variados e seu impacto positivo na formação e capacitação dos usuários.

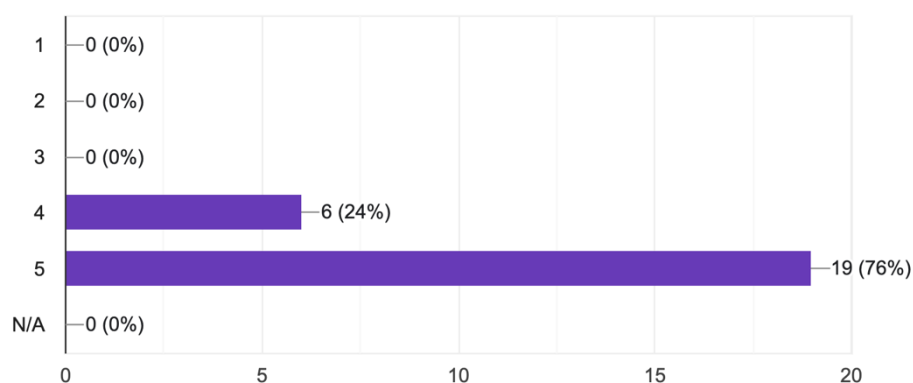
No que diz respeito à navegação, os participantes expressaram alta satisfação (Figura 15). Com 84% atribuindo a nota máxima (5) e os demais 20% classificando-a como boa (nota 4), os resultados demonstram uma interface intuitiva e eficiente. Essa funcionalidade é essencial

para assegurar que os usuários consigam acessar rapidamente as informações e funcionalidades necessárias, reforçando a usabilidade da plataforma digital. A avaliação da linguagem utilizada nos textos (Figura 16) complementa esse resultado, com 76% dos respondentes atribuindo nota 5 e 24% nota 4. A clareza e adequação dos textos permitiram que as informações fossem facilmente compreendidas, criando uma experiência educacional alinhada às expectativas do público-alvo e ampliando a eficiência da plataforma digital.

**Figura 11 - Como você classifica a navegação pelas páginas da plataforma?**



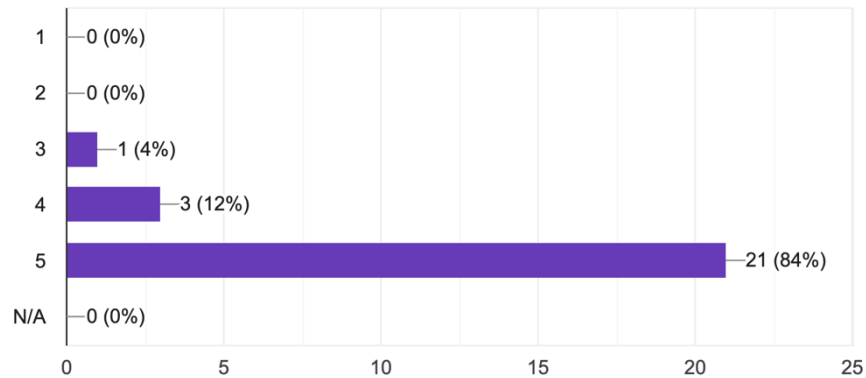
**Figura 12 - Como você classifica a linguagem utilizada nos textos?**



A apresentação visual dos conteúdos também foi um ponto forte destacado pelos participantes. As imagens utilizadas (Figura 17) receberam avaliação máxima de 84% dos usuários, enquanto 12% consideraram-nas boas. Apenas 4% classificaram-nas como medianas, o que indica que, embora a maioria esteja satisfeita, há potencial para ajustes. Esses elementos visuais demonstram-se fundamentais para facilitar a assimilação de conteúdos, especialmente, em temas mais complexos, e contribuem para tornar o aprendizado mais dinâmico e acessível.

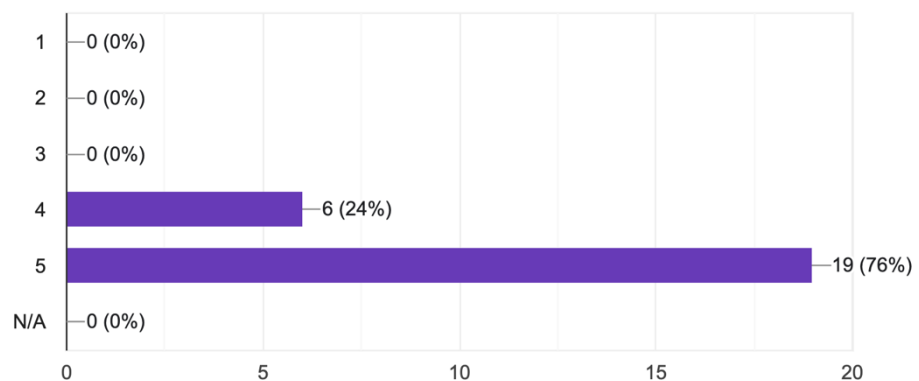
A melhoria desses aspectos visuais pode incluir a atualização de gráficos ou imagens para uma estética mais moderna ou para transmitir informações de forma ainda mais clara.

**Figura 13 - Como você classifica as imagens utilizadas em relação à sua compreensão?**



Complementando os aspectos visuais, a organização das informações (Figura 18) também foi amplamente elogiada. Cerca de 76% dos participantes atribuíram a nota máxima (5), enquanto 24% optaram por uma avaliação positiva (nota 4). Esses resultados reforçam o cuidado no planejamento da estrutura da plataforma digital, que garante navegação clara e objetiva, contribuindo para que os usuários realizem suas tarefas com eficiência e foco. Essa clareza estrutural é crucial para evitar sobrecarga de informações e garantir uma experiência simplificada.

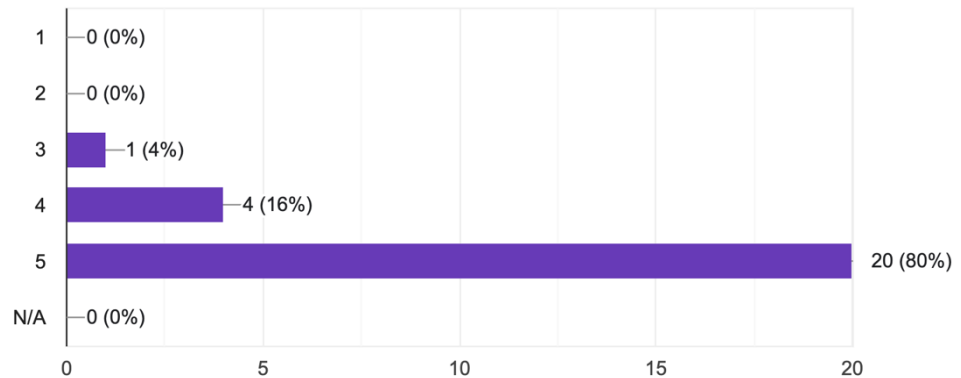
**Figura 14 - Como você define a organização das informações?**



Entre os recursos interativos, o jogo sobre descarte correto destacou-se como uma ferramenta educativa de sucesso (Figura 19). Com 80% dos participantes atribuindo nota máxima e 16% considerando-o bom, o jogo cumpriu seu papel de engajar os usuários e promover aprendizado ativo. Apenas 4% atribuíram notas medianas, sugerindo que ajustes

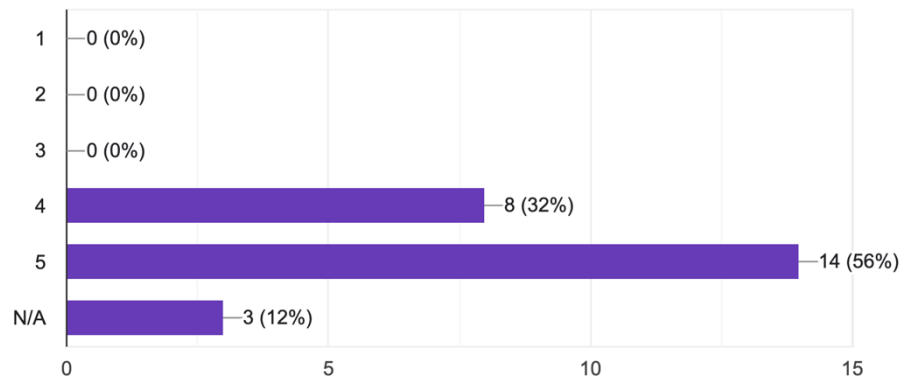
pontuais podem otimizar ainda mais a experiência. Esses dados mostram como recursos gamificados podem ser estratégicos para estimular mudanças comportamentais e consolidar conhecimentos de maneira interativa. Atualizações no *design* do jogo ou na diversificação de desafios podem torná-lo ainda mais atraente e eficaz.

**Figura 15 - Como você avalia a realização do jogo sobre descarte correto?**



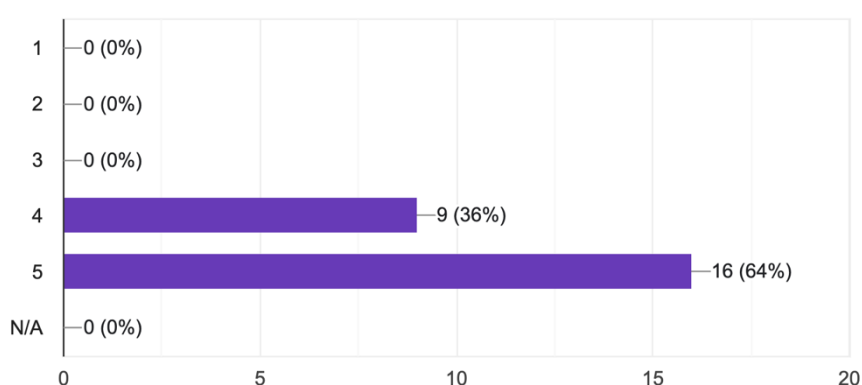
Além disso, os indicadores de pontuação (Figura 20) receberam avaliação positiva de 56% dos participantes, que atribuíram nota máxima, enquanto 32% os classificaram como bons. Por outro lado, 12% consideraram que essa funcionalidade não se aplicava a eles, devido à ausência de acesso em seus perfis ao recurso dentro do sistema. Essa ferramenta desempenha um papel crucial para os gestores no acompanhamento de métricas e desempenho, e os ajustes sugeridos podem torná-la ainda mais eficiente e intuitiva, atendendo melhor às expectativas de todos os usuários. Entre as possíveis melhorias, destaca-se a adição de mais elementos gráficos detalhados e filtros que permitam uma análise personalizada, facilitando a utilização pelos gestores.

**Figura 16 - Como você avalia os indicadores de pontuações dos usuários na plataforma?**



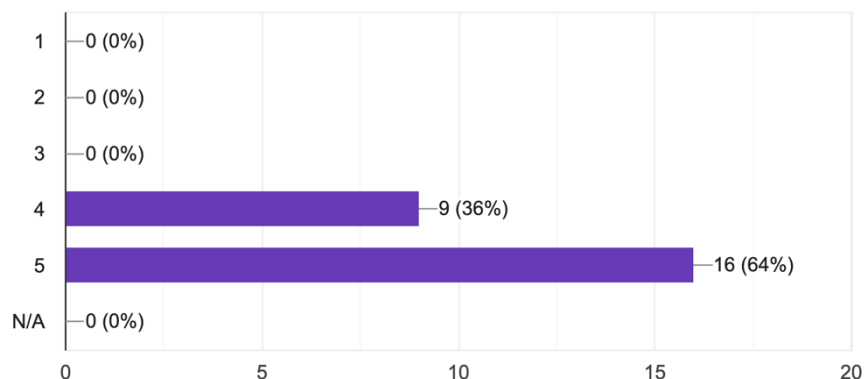
A experiência geral de utilização da plataforma digital também foi bem avaliada (Figura 21), com 64% dos participantes atribuindo a nota máxima (5) e 36% considerando-a boa (nota 4). Esse resultado reflete a consistência da plataforma digital em oferecer funcionalidades alinhadas às necessidades do público, consolidando-se como uma ferramenta eficiente e intuitiva que favorece o engajamento dos usuários. Esse engajamento é um indicativo de que a plataforma digital tem sucesso em criar um ambiente no qual os usuários se sentem confortáveis e motivados a interagir continuamente.

**Figura 17 - Como você classifica a experiência na utilização da plataforma?**

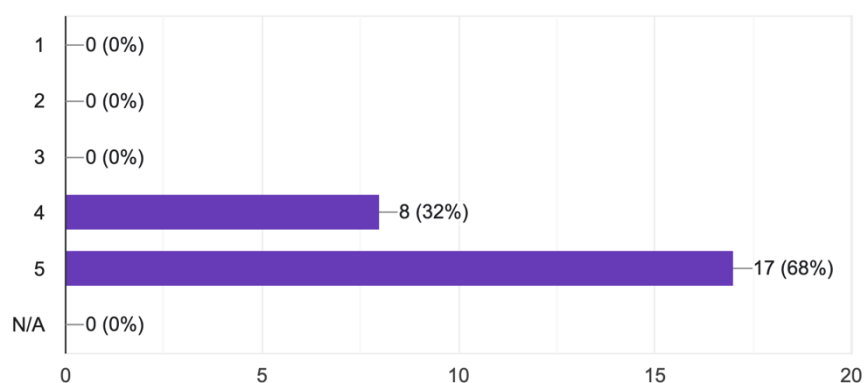


A interação com a *chatbot* Dóris® foi outro ponto destacado (Figura 22). Cerca de 64% dos participantes classificaram a experiência como excelente, enquanto 36% consideraram-na boa. Esses resultados mostram que o uso de *chatbot* é uma ferramenta eficaz no suporte aos usuários, contribuindo para resolver dúvidas e proporcionar uma experiência mais dinâmica. De maneira semelhante, a capacidade da Dóris® de fornecer respostas adequadas (Figura 23) foi elogiada, com 68% atribuindo nota máxima e 32% considerando-a boa. Essa avaliação positiva reflete o papel da tecnologia como elemento central para a comunicação e suporte da plataforma digital, garantindo uma experiência mais satisfatória. Para aprimorar ainda mais a interação, seria útil incluir respostas mais detalhadas ou opções de personalização na interação com a *chatbot*.

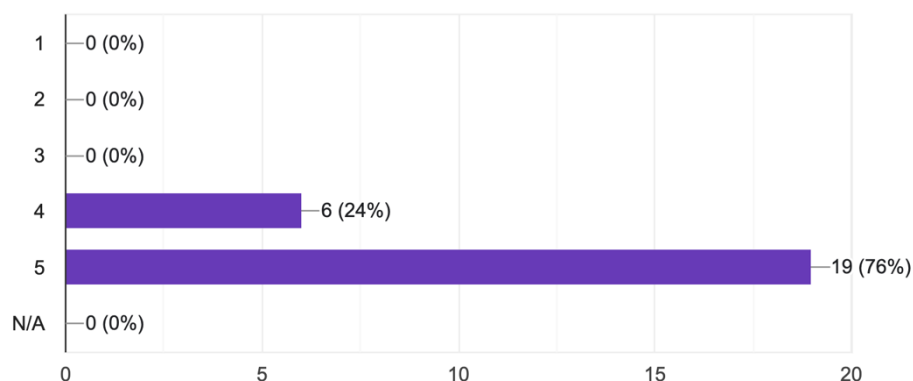
**Figura 18 - Como você classifica a experiência na sua interação com a Dóris®?**



**Figura 19 - A chatbot Dóris® respondeu de forma adequada às suas perguntas/comentários?**



Por fim, o nível geral de satisfação com a plataforma digital foi amplamente positivo (Figura 24), com 76% dos usuários atribuindo a nota máxima e 24% classificando-a como boa. Esses dados consolidam o sucesso da plataforma digital em atender às expectativas do público, enquanto apontam para a importância de continuar investindo em melhorias pontuais para manter a qualidade e a relevância oferecidas. Ao combinar esses resultados positivos com as sugestões de melhorias, a plataforma digital pode evoluir continuamente, garantindo uma experiência ainda mais completa e eficiente para os usuários.

**Figura 20 - Qual o nível de satisfação que você avalia a plataforma de modo geral?**

Como conclusão, os resultados obtidos destacam o impacto positivo da plataforma digital em diferentes aspectos fundamentais, como navegação, linguagem, organização de informações e interatividade. Embora áreas de melhoria tenham sido identificadas, os dados apontam para um desempenho amplamente satisfatório, reforçando o valor da plataforma digital como ferramenta educativa e de suporte. A implementação de ajustes pontuais, aliada à manutenção dos pontos fortes já estabelecidos, permitirá que a plataforma digital continue a atender às expectativas de seus usuários, promovendo uma experiência cada vez mais enriquecedora e eficiente.

Entretanto, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Inicialmente, o número de participantes foi restrito a 25 profissionais de saúde de duas instituições específicas, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos hospitalares e realidades institucionais. Além disso, a validação da plataforma ocorreu em um período de apenas uma semana, o que pode não ter sido suficiente para capturar mudanças no uso a longo prazo ou avaliar o impacto da plataforma digital no contexto desta pesquisa. Outra limitação diz respeito à metodologia de validação, que se baseou, predominantemente, em questionários de autoavaliação, o que pode introduzir viés de resposta e limitar a mensuração objetiva do engajamento e da efetividade da plataforma. Estudos futuros podem explorar métodos complementares, como análises longitudinais, observação direta do uso da plataforma digital e comparação com outras abordagens de capacitação em resíduos hospitalares, a fim de ampliar a compreensão sobre seu impacto e potencial de melhoria.

#### 4. CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo principal desenvolver e avaliar uma plataforma digital voltada para a capacitação de profissionais da saúde no gerenciamento e descarte correto de resíduos hospitalares. A plataforma integra um agente conversacional, a Dóris®, e elementos de gamificação para reforçar a disseminação de boas práticas e incentivar a interação dos usuários. Os resultados obtidos demonstraram que a solução desenvolvida atendeu às necessidades identificadas e se mostrou eficaz na disponibilização de conteúdos educativos, suporte interativo e incentivo à participação dos profissionais de saúde.

O estudo contribuiu significativamente para a interseção entre inteligência artificial, educação digital e gestão de resíduos de saúde, um campo ainda pouco explorado na literatura científica. A análise bibliométrica realizada revelou a escassez de estudos voltados ao uso de agentes conversacionais e gamificação para esse fim, reforçando a inovação e relevância desta pesquisa. Além disso, o desenvolvimento da estrutura da Dóris® para este contexto específico representa uma contribuição importante, demonstrando seu potencial de adaptação para diferentes áreas de ensino e aprendizagem.

Do ponto de vista prático, a validação da plataforma foi realizada com 25 profissionais de saúde, abrangendo diferentes cargos e funções em instituições de saúde (Hospital e Unidade de Pronto Atendimento). Os resultados apontaram uma avaliação amplamente positiva em relação à usabilidade, organização das informações e clareza dos conteúdos disponibilizados. A plataforma foi considerada intuitiva e eficiente, com destaque para a interação com a assistente Dóris®, que foi bem recebida pelos participantes. Os módulos gamificados também se mostraram eficazes na estruturação da experiência de aprendizado, sendo aplicados em desafios diários que incentivaram a participação contínua dos usuários.

Além disso, a pesquisa evidenciou a importância de validar soluções tecnológicas diretamente com os usuários finais. A coleta de *feedback* permitiu ajustes estratégicos na plataforma, garantindo que a experiência fosse otimizada para atender às necessidades dos profissionais da saúde. Embora não tenha sido o foco do estudo medir diretamente o impacto educacional da solução, os resultados indicam que a disponibilização estruturada de conteúdos pode contribuir para a disseminação de conhecimentos essenciais no descarte adequado de resíduos hospitalares.

O problema de pesquisa definido como: "Uma plataforma digital, com a atuação de agente conversacional e de processos de interação colaborativa (gamificação), pode ser uma

solução eficaz para capacitar profissionais em práticas de gestão e descarte correto de resíduos de saúde?" foi respondido positivamente. A solução desenvolvida demonstrou aplicabilidade prática e potencial escalável para outras instituições de saúde, garantindo um meio acessível e interativo para fortalecer a capacitação profissional nesse tema essencial.

Como limitações deste estudo, destaca-se a amostragem utilizada, que não foi definida com base em cálculos estatísticos, mas sim a partir da disponibilidade dos participantes nas instituições parceiras. Além disso, o tempo de uso da plataforma foi restrito a uma semana, o que limita a análise sobre o impacto a longo prazo no comportamento dos profissionais. Outra limitação foi o foco exclusivo em profissionais da saúde, sem avaliação da aplicabilidade da solução para outros públicos, como estudantes da área médica ou gestores hospitalares.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de estudos com um período de uso mais prolongado para avaliar a retenção do conhecimento e a efetividade da plataforma em mudanças nas práticas cotidianas. Além disso, novas investigações podem explorar adaptações da plataforma para outros setores da saúde ou áreas relacionadas à sustentabilidade e educação ambiental. A personalização mais avançada do agente conversacional Dóris®, incluindo respostas adaptadas para diferentes perfis de usuários, também é uma possibilidade a ser explorada em trabalhos futuros.

Dessa forma, conclui-se que a plataforma desenvolvida representa uma inovação relevante e de impacto no cenário da capacitação profissional em saúde, oferecendo uma solução digital interativa e acessível para o aprimoramento das práticas de gestão e descarte de resíduos hospitalares.

## REFERÊNCIAS

ADESHOLA, I.; ADEPOJU, A. P. The opportunities and challenges of ChatGPT in education. *Interactive Learning Environments*, p. 1-14, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 mar. 2018. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/%282%29RDC\\_222\\_2018\\_.pdf](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/%282%29RDC_222_2018_.pdf). Acesso em: 4 mar. 2025.

ALSAWAIER, R. S. The effect of gamification on motivation and engagement. *The International Journal of Information and Learning Technology*, v. 35, n. 1, p. 56-79, 2018.

ANDEOBU, L.; WIBOWO, S.; GRANDHI, S. Aplicações de inteligência artificial para práticas sustentáveis de gestão de resíduos sólidos na Austrália: Uma revisão sistemática. *Science of The Total Environment*, v. 834, p. 155389, 2022.

ANGELAKI, M. E. Embedding sustainability in Information and Communication Technology (ICT) education. 2024.

CHISHOLM, J. M.; THOMPSON, L.; NKONDO, S.; ADU, F.; PETERS, R. Sustainable waste management of medical waste in African developing countries: a narrative review. *Waste Management & Research*, v. 39, n. 9, p. 1149-1163, 2021.

COSSUL, D.; FROZZA, R.; FAGUNDES, B. J.; FERREIRA, G.; KIPPER, L. M.; WITCZAK, M. V. C. Evolução do agente pedagógico emocional Dóris em um ambiente virtual de aprendizagem In: *Gestão da Produção em Foco*, ed.1ª. Belo Horizonte: Poisson, 2018, v.24, p. 28 - 38.

COSSULL, E., ROSA, C. G. S., CALDEIRA, A. B., SILVA, N. D., & ROCHA, J. D. Educação continuada para o profissional de saúde no gerenciamento de resíduos de saúde. *RBAC*, 50(3), 288-296, 2018.

COSWOSK, E. D.; ROSA, C. G. S.; CALDEIRA, A. B.; SILVA, N. D.; ROCHA, J. D. Educação continuada para o profissional de saúde no gerenciamento de resíduos de saúde. *RBAC*, v. 50, n. 3, p. 288-296, 2018.

DAREJEH, A.; SALIM, S. S. Gamification solutions to enhance software user engagement—a systematic review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 32, n. 8, p. 613-642, 2016.

DEWI, N. K. Implementation of gamification-based reward and recognition system to increase employee motivation and loyalty. *Journal of Management*, v. 3, n. 2, p. 401-417, 2024.

DICHEV, C.; DICHEVA, D.; ANGELOVA, G.; AGRECHEVA, G. From gamification to gameful design and gameful experience in learning. *Cybernetics and Information Technologies*, v. 14, n. 4, p. 80-100, 2014.

DICLEMENTE, R., et al. Need for innovation in public health research. *American Journal of Public Health*, v. 109, Suplemento 2, p. S117-S120, 2019.

DRESCH, A., LACERDA, D. P., & JÚNIOR, J. A. V. A. Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Editora: Bookman. 2015.

EL-SOFANY, H.; EL-HAGGAR, N. The effectiveness of using mobile learning techniques to improve learning outcomes in higher education. 2020.

FILIP, R.; GHEORGHE, C. M.; DIACONU, C. C.; SMARANDACHE, C. G. Global challenges to public health care systems during the COVID-19 pandemic: a review of pandemic measures and problems. *Journal of Personalized Medicine*, v. 12, n. 8, p. 1295, 2022.

FIRAT, M. How ChatGPT can transform autodidactic experiences and open education? 2023.

GUILLEN MANDUJANO, G. Gamifying sustainable consumption: opportunities and dilemmas. 2024.

HALEEM, A.; JAVAID, M.; SINGH, R. P.; SITHOULI, P. Understanding the role of digital technologies in education: a review. *Sustainable Operations and Computers*, v. 3, p. 275-285, 2022.

HAQUE, M. A. A brief analysis of “ChatGPT” – A revolutionary tool designed by OpenAI. *EAI Endorsed Transactions on AI and Robotics*, v. 1, p. e15-e15, 2022.

HOSSAIN, M. S., et al. Clinical solid waste management practices and their impact on human health and the environment – A review. *Waste Management*, v. 31, n. 4, p. 754-766, 2011.

KASWAN, K. S.; DHATTERWAL, J. S.; OJHA, R. P. AI in personalized learning. In: *Advances in Technological Innovations in Higher Education*. CRC Press, 2024. p. 103-117.

KENNY, C.; PRIYADARSHINI, A. Review of current healthcare waste management methods and their effects on global health. *Healthcare*, v. 9, n. 3, 2021.

KHAN, B. A., et al. Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. *Waste Management and Research*, v. 37, n. 9, p. 863-875, 2019.

LACERDA, D. P., DRESCH, A., PROENÇA, A., & ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. (2013). Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & produção*, 20(4), 741-761.

LI, Z.; BONK, C. J.; ZHOU, C. Supporting learners' self-management for self-directed language learning: a study within Duolingo. *Interactive Technology and Smart Education*, v. 21, n. 3, p. 381-402, 2024.

LIU, W.; XU, R.; LI, S. Exploring the digital psychology of environmental sustainability: the mediating influence of technological innovation in advanced physical education development in China. *BMC Psychology*, v. 12, n. 1, 2024.

LOOYESTYN, J., et al. Does gamification increase engagement with online programs? A systematic review. *PLOS ONE*, v. 12, n. 3, p. e0173403, 2017.

LUO, Z. Gamification for educational purposes: what are the factors contributing to varied effectiveness? *Education and Information Technologies*, v. 27, n. 1, p. 891-915, 2022.

MAHMUD, S.; KAMEL, Z.; SINGH, A.; KIM, J.-H. RoboRecycle Buddy: enhancing early childhood green education and recycling habits through playful interaction with a social robot. In: *International Conference on Intelligent Human Computer Interaction*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.

MEKARO, K. S.; MORAES, A. I. S.; UEHARA, S. C. S. A. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde na rotina dos enfermeiros da atenção básica à saúde. *REME - Revista Mineira de Enfermagem*, v. 26, 2022.

MORGAN, D. D., et al. The changing nature of palliative care: implications for allied health professionals' educational and training needs. *Healthcare*, v. 7, n. 4, MDPI, 2019.

NACIMENTO, J. R. D. Exploração de técnicas de engenharia de prompt para aprimorar os resultados do uso de LLM no TCMRio. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024.

NGUYEN-VIET, B.; NGUYEN-DUY, C.; NGUYEN-VIET, B. How does gamification affect learning effectiveness? The mediating roles of engagement, satisfaction, and intrinsic motivation. *Interactive Learning Environments*, 2024, p. 1-19.

NORDBY, A.; ØYGARDSLIA, K.; SVERDRUP, U.; SVERDRUP, H. The art of gamification: teaching sustainability and system thinking by pervasive game development. *Electronic Journal of e-Learning*, v. 14, n. 3, p. 152-168, 2016.

PATRICIO, R.; MOREIRA, A.; ZURLO, F.; MELAZZINI, M. Co-creation of new solutions through gamification: a collaborative innovation practice. *Creativity and Innovation Management*, v. 29, n. 1, p. 146-160, 2020.

PEFFERS, K., TUUNANEN, T., & NIEHAVES, B. Design science research genres: introduction to the special issue on exemplars and criteria for applicable design science research. 2018.

RICHEY, R. C.; KLEIN, J. D. Design and development research: methods, strategies, and issues. *Routledge*, 2014.

ROUMELIOTIS, K. I.; TSELIKAS, N. D. ChatGPT and Open-AI models: a preliminary review. *Future Internet*, v. 15, n. 6, p. 192, 2023.

SHARMA, H. B., et al. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 162, p. 105052, 2020.

SMIRANI, L.; YAMANI, H. Analysing the impact of gamification techniques on enhancing learner engagement, motivation, and knowledge retention: a structural equation modelling approach. *Electronic Journal of e-Learning*, v. 22, n. 9, p. 111-124, 2024.

STRIELKOWSKI, W.; ZHANG, X.; LI, Y.; CHEN, Q.; WANG, Y. AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 2024.

SULA, G. Enhancing learning and retention through gamification. 2024.

SUN, H. Cross-cultural technology design: Creating culture-sensitive technology for local users. *OUP USA*, 2012.

THIOLLENT, M. Action research and participatory research: an overview. *International Journal of Action Research*, v. 7, n. 2, p. 160-174, 2011.

TAŞKIN, N.; KILIÇ ÇAKMAK, E. Effects of gamification on behavioral and cognitive engagement of students in the online learning environment. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 39, n. 17, p. 3334-3345, 2023.

TRIANAFYLLIDOU, E.; ZABANIOTOU, A. Digital technology and social innovation promoting a green citizenship: development of the “go sustainable living” digital application. *Circular Economy and Sustainability*, 2021.

TRIANAFYLLOU, S.; GEORGIADIS, C. Gamification design patterns for user engagement. *Informatics in Education*, 2022.

ZICHERMANN, G. Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. *O'Reilly & Associates Inc.*, 2011.

ZOTA, R. D., et al. Practical approach for smart and circular cities: Chatbots used in waste recycling. *Applied Sciences*, v. 14, n. 7, p. 3060, 2024.

WILLIAM, D.; BOMMU, R. Harnessing AI and machine learning in cloud computing for enhanced healthcare IT solutions. *Unique Endeavor in Business & Social Sciences*, v. 3, n. 1, p. 70-84, 2024.