

Jogo Narrativo para Treinamento de Conceitos de Produção e Controle de Formas Farmacêuticas em uma Indústria de Medicamentos

Narrative Game for Training Concepts of Production and Control of Pharmaceutical Dosage Forms in a Pharmaceutical Industry

Alvaro Akira Akama¹, Cabral Pavei¹, Isabel Critina Siqueira da Silva¹

¹ Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)
Porto Alegre – RS – Brasil

{alvaro.akama, cabral, isabel.siqueira}@ufcspa.edu.br

Resumo. Introdução: O treinamento de futuros profissionais farmacêuticos deve simular ações próximas da realidade encontrada nas indústrias de medicamentos em relação à produção e ao controle destes. Jogos digitais narrativos podem auxiliar neste processo, pois aliam a contação de histórias a um processo gamificado e interativo, baseado em desafios e recompensas.

Objetivo: Projeto e desenvolvimento de um jogo narrativo 2D para auxiliar no treinamento de conceitos relacionados à simulação farmacêutica e à produção e ao controle de medicamentos para estudantes do curso de graduação em farmácia. **Metodologia:** A partir da revisão do estado da arte e da coleta de requisitos junto a um profissional da educação com experiência na temática deste estudo, que atuou como stakeholder, foi desenvolvido o jogo proposto baseado no método de design centrado no usuário, com o stakeholder avaliando as diferentes etapas do processo em termos de funcionalidade e usabilidade.

Resultados: Narrativas interativas constituem uma abordagem metodológica eficiente capaz de integrar conhecimento técnico-científico, raciocínio crítico, tomada de decisão e responsabilidade ética à formação de futuros profissionais da área da farmácia. Jogos digitais, que focam na história e nas escolhas do jogador, auxiliam este processo ao simular a realidade relacionada à produção e ao controle de medicamentos.

Palavras-Chave Jogo narrativo, indústria farmacêutica, produção e controle de medicamentos, usabilidade.

Abstract. Introduction: The training of future pharmaceutical professionals should simulate actions close to the reality found in the pharmaceutical industry regarding the production and control of these products. Narrative digital games can assist in this process, as they combine storytelling with a gamified and interactive process based on challenges and rewards. **Objective:** Design and development of a 2D narrative game to aid in training undergraduate pharmacy students in concepts related to pharmaceutical simulation and the production and control of medicines. **Methodology:** Based on a review of the state of the art and the collection of requirements from an education professional with experience in the subject matter of this study, who acted as a stakeholder, the proposed game was developed based on the user-centered design method,

*with the stakeholder evaluating the different stages of the process in terms of functionality and usability. **Results:** Interactive narratives constitute an efficient methodological approach capable of integrating technical-scientific knowledge, critical reasoning, decision-making, and ethical responsibility into the training of future pharmacy professionals. Digital and playful games, which focus on the story and the player's choices, aid this process by simulating the reality related to the production and control of medicines.*

Keywords Narrative game, pharmaceutical industry, drug production and control, usability.

1. Introdução

Conceitos de produção e controle de qualidade na indústria farmacêutica são fundamentais na formação de profissionais nesta área da saúde. Estes abordam processos rigorosos, visando garantir a eficácia, a pureza e a segurança dos medicamentos [Rocha e Galende 2014] [Haleem et al. 2015] [Duarte et al. 2025]. Neste sentido, é importante que estudantes da área da Farmácia realizem visitas técnicas às estas indústrias a fim de acompanhar o dia a dia de atividades envolvendo boas práticas de fabricação (BPF) de medicamentos, com monitoramento desde a matéria-prima até o produto final, exigindo, ainda, salas limpas e controle ambiental para evitar contaminações [Vargas 2014] [Quaresma et al. 2021].

No entanto, a realização de visitas técnicas em indústrias farmacêuticas por futuros profissionais, a fim de acompanhar o processo de produção e controle de qualidade em medicamentos, não é algo recorrente. Nota-se que a principal dificuldade para realizar tais visitas reside no rigoroso protocolo de BPF, pois a entrada de visitantes externos representa um risco elevado de contaminação cruzada e microbiológica, já que o corpo humano é uma das principais fontes de partículas em ambientes controlados [Halls 2016] [Sargent et al. 2016]. Além disso, o setor é extremamente competitivo e a proteção de segredos industriais, processos patenteados e tecnologias exclusivas, impõe restrições severas por questões de espionagem industrial [Saha e Bhattacharya 2011] [Nealey et al. 2015] [Armstrong 2016]. Somam-se a tais questões as normas de segurança do trabalho e o risco de interrupção do fluxo produtivo, tornando as empresas mais propensas a oferecer recursos digitais ou simuladores em vez de acesso físico às áreas críticas de produção e laboratórios [de Almeida et al. 2014] [Garnier et al. 2023] [Ali Adib e Younes 2026].

Uma forma de amenizar a impossibilidade de visitas técnicas em indústrias farmacêuticas reais é a simulação gráfica destas e de seus processos. Para tanto, o emprego de jogos narrativos para treinamento de conceitos de produção e controle de formas farmacêuticas, através da apresentação de situações-problema próximas das vivenciadas nas indústrias reais, pode auxiliar na formação e treinamento de futuros profissionais nesta área. Este tipo de jogo pode contribuir para aumentar a adesão dos profissionais em treinamentos, promovendo um engajamento significativo e disruptivo em comparação aos métodos de ensino tradicionais [Dubbelman 2016] [Wang et al. 2016] [Palomino e Isotani 2024] [de Assis Ribeiro et al. 2024]. A interação e a imersão proporcionadas por jogos narrativos podem contribuir para a criação de uma abordagem inovadora no treinamento de tais profissionais, uma vez que estes apresentam interação prática e dinâmica com conceitos teóricos. Por meio de simulações realistas,

esses jogos conseguem cativar a atenção, incentivando o interesse ativo no processo de aprendizagem.

Considerando o exposto, este estudo teve, por objetivo, projetar e desenvolver o jogo digital FarmaQuest, baseado em narrativa, para auxiliar o treinamento de futuros farmacêuticos em relação à produção e ao controle de qualidade de medicamentos. A metodologia empregada baseou-se na aprendizagem baseada em problemas e no *design* centrado no usuário, com a participação de um profissional no papel de *stakeholder*, desde a coleta de requisitos até a realização de testes de usabilidade com o jogo proposto, baseado em percurso cognitivo, simulando usuários reais.

As próximas seções apresentam mais detalhes sobre a execução e os resultados obtidos neste estudo.

2. Trabalhos Relacionados

Diferentes autores têm pesquisado sobre o emprego de jogos digitais, não digitais e gamificação no treinamento relacionado à indústria farmacêutica com o objetivo de aumentar o engajamento e a retenção de conceitos operacionais complexos, como controle de qualidade e produção de formas farmacêuticas. Alguns destes envolvem jogos para simulação de processos de produção e regulação de fármacos [Noël et al. 2021], jogos para simulação de procedimentos operacionais e análise de causa raiz no controle de formas farmacêuticas sólidas [Suparno e Haekal 2023], e aplicativos de realidade virtual que simulam processos complexos de purificação [Perner-Nochta et al. 2025].

Nota-se que ainda há poucas propostas relacionadas ao treinamento de controle de formas farmacêuticas em indústrias de medicamentos, justificando a importância deste estudo relacionado ao jogo FarmaQuest, o qual é apresentado a seguir.

3. Jogo FarmaQuest

FarmaQuest é um jogo digital, bidimensional (2D), com cenários em *pixelart* e baseado em narrativa, desenvolvido com a game engine Construct 3 e projetado para dispositivos móveis com orientação horizontal. O objetivo do jogo é inserir o jogador, no papel de um estagiário farmacêutico, no fluxo de uma indústria de medicamentos que simula processos reais, transformando rotinas de BPF em desafios interativos. Em vez de apenas replicar teorias, o jogo exige que jogadores apliquem conhecimento técnico-científico, desenvolvam senso crítico e façam escolhas éticas em tempo real.

A narrativa segue o estilo *visual novel*, mas as mecânicas se inspiram em jogos como Papers, Please (investigação e decisão) [Pope 2026] e Ace Attorney (justificativa de erros) [Takumi 2026]. A proposta funciona como uma metodologia ativa de aprendizagem focada em futuros profissionais da área da Farmácia. O ambiente digital permite o erro pedagógico controlado durante a avaliação de documentos e manipulação de insumos como a azitromicina dihidratada. Dessa forma, o jogador visualiza as consequências de aprovar um laudo incompleto sem gerar qualquer risco sanitário no mundo real. O rigor ético e o raciocínio crítico são constantemente testados ao longo da simulação para fortalecer a responsabilidade profissional do estudante.

As próximas subseções trazem mais detalhes da implementação do jogo proposto, as quais foram definidas com participação ativa de um profissional que integra a equipe

de pesquisadores atuando no papel de *stakeholder*. Este possui formação em Ciências Farmacêuticas e atua nas áreas de desenvolvimento e otimização de técnicas de produção e de controle de qualidade de ingrediente farmacêutico ativo (IFA), insumo farmacêutico ativo vegetal (IFAV), excipientes, cosméticos e medicamentos.

3.1. Arquitetura Industrial e Navegação

Seguindo a sugestão do *stakeholder*, a arquitetura do cenário virtual da indústria farmacêutica fictícia representada no jogo adota um formato em L para refletir o fluxo unidirecional exigido pelas normas sanitárias internacionais. Essa disposição espacial separa fisicamente a doca de recebimento do almoxarifado e evita o cruzamento perigoso entre matérias-primas e produtos acabados.

Para a interface focada na interação por toque na tela de dispositivos móveis, essa escolha de *level design* torna a progressão de rolagem lateral fluida e intuitiva. Além disso, esse *layout* de base facilita a escalabilidade do projeto para a inclusão de futuros módulos ou adaptações para farmácias magistrais. O ciclo de jogabilidade intercala o contexto narrativo com a investigação ativa e a tomada de decisão do usuário.

Na narrativa do jogo, a mentora "An-Lu" e outros profissionais da planta contextualizam a tarefa antes do jogador assumir o controle da tela. A Figura 1 apresenta um exemplo desta interação inicial.

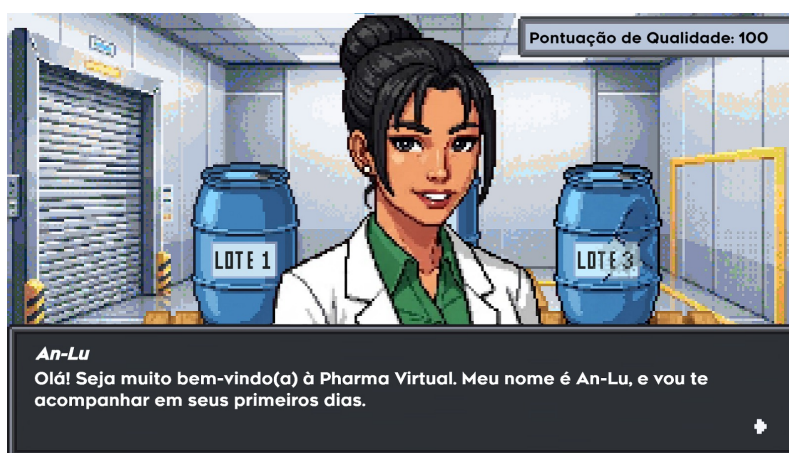


Figura 1. Apresentação da personagem An-Lu.

Em seguida, ocorre a interação direta com o cenário físico ou com a prancheta de documentos para encontrar possíveis não conformidades no material. A decisão final do usuário aplica um status visual imediato aos lotes e desencadeia as animações logísticas que movem as barricas pelo cenário. Para elucidar a decisão arquitetônica, a Tabela 1 estabelece um comparativo entre as abordagens de *layout* industrial, justificando a escolha do modelo implementado no jogo em detrimento do formato clássico em U:

3.2. Sistemas e mecânicas do módulo inicial

A estrutura de *gameplay* transforma procedimentos operacionais padronizados em desafios cognitivos diretos. Cada etapa do processo produtivo exige uma abordagem diferente e demanda atenção aos mínimos detalhes do ambiente. As interações principais que o jogador realiza neste recorte inicial do projeto incluem tarefas variadas e

Tabela 1. Comparativo entre as abordagens de layout industrial

Critério de Avaliação	Layout em U (Descartado)	Layout em L (Implementado)
Fluxo Sanitário	Entrada e saída ocorrem na mesma fachada, elevando o risco de cruzamentos inadequados	Entrada em uma extremidade e saída na outra, garantindo a unidirecionalidade normativa
Navegação Móvel	Retornos de câmera complexos, podendo desorientar o jogador na tela pequena	Progressão de rolagem lateral (<i>side-scrolling</i>) fluida, acompanhando a linha de produção
Escalabilidade	Expansão física do cenário limitada para acomodar novos módulos produtivos	Facilita a inserção linear de novas etapas, como áreas de produção magistral ou embalagem

complementares. As principais ações esperadas do usuário durante a simulação estão listadas a seguir:

- Inspecionar visualmente as barricas recém-chegadas na doca para identificar amassados ou sinais de violação na embalagem primária.
- Decidir eticamente sobre a segregação imediata de um lote avariado mesmo sob a pressão de atrasar o cronograma de produção da fábrica.
- Cruzar os dados dos certificados de análise enviados pelo fornecedor com as especificações estritas da monografia interna da empresa.
- Tocar no local exato do documento onde uma informação crítica foi omitida para justificar no sistema a reprovação daquele lote.
- Acionar o painel da cabine de fluxo laminar na sala limpa e escolher o instrumento adequado para garantir uma amostragem vertical e representativa do pó.

Estas ações estão sintetizadas nos fluxogramas das Figuras 2, 3 e 4.

A interface do jogo FarmaQuest prioriza o minimalismo funcional, ocultando menus desnecessários para manter a imersão na planta industrial. A direção de arte emprega um sistema de códigos de cores estrito e universal para comunicar o status dos materiais sem depender de textos longos: o amarelo indica estado de quarentena, o vermelho alerta para rejeição imediata e o verde sinaliza a aprovação para a próxima etapa.

Para metrificar o desempenho cognitivo e ético do jogador, o sistema opera sob a variável interna de escore de qualidade, que inicia em 100 pontos. A Tabela 2 detalha o balanceamento mecânico implementado no jogo, evidenciando como cada tomada de decisão afeta o placar final do módulo.

3.3. Mapeamento Visual e Interativo das Telas do Jogo

Para ilustrar a transição do conhecimento teórico das BPF para o ambiente do jogo, o fluxo deste foi mapeado em capturas de tela fundamentais. Estas imagens representam os momentos de maior carga cognitiva e interatividade exigidos do aluno durante o módulo

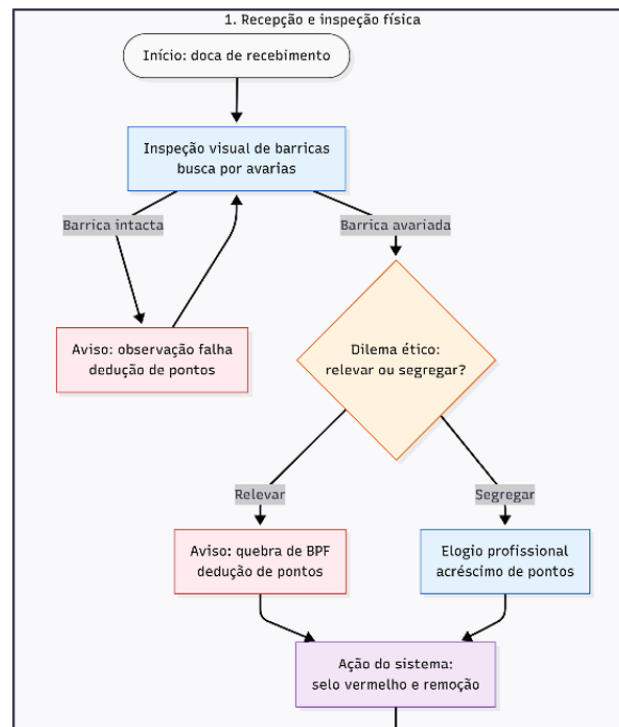


Figura 2. Fluxo da recepção e inspeção física.

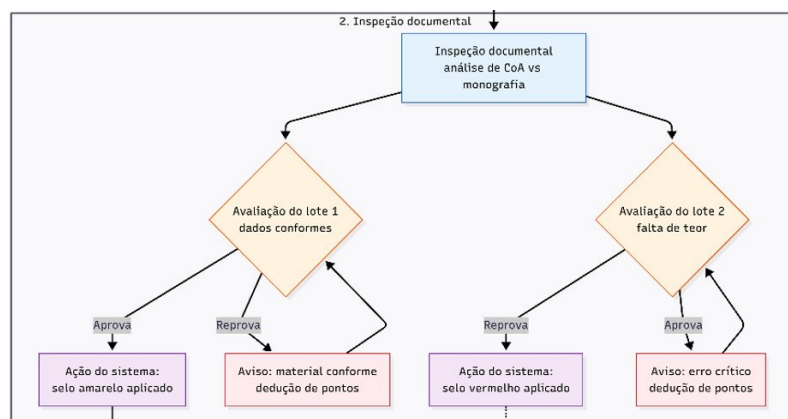


Figura 3. Fluxo da inspeção documental.

de recepção e amostragem. As figuras demonstram como a interface se comunica com o jogador e como o cenário industrial reage às decisões tomadas.

Na Figura 1, foi apresentado o primeiro contato do estagiário com a área de recebimento de materiais da planta industrial. A composição centraliza a personagem An-Lu, que contextualiza a exigência de BPF, enquanto o cenário exibe as barricas interativas. O destaque recai sobre o Lote 3 à direita, que apresenta uma avaria física evidente na embalagem primária, exigindo que o jogador identifique ativamente a não conformidade clicando no objeto para acionar o dilema ético.

Neste contexto, a Figura 5 apresenta o primeiro contato do estagiário com a área de recebimento de materiais da planta industrial. A composição da tela foca em

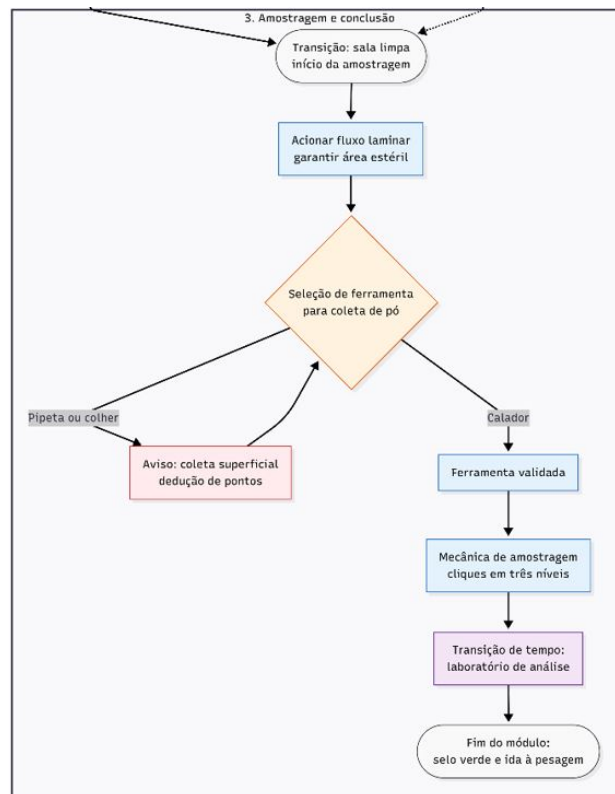


Figura 4. Fluxo da amostragem e conclusão.

traduzir o conceito normativo de inspeção de embalagem primária em um *puzzle* visual simples. A interface limpa garante que a atenção do jogador fique totalmente voltada para a observação dos insumos no cenário, promovendo a identificação ativa de não conformidades antes do material ser inserido no sistema. Na sequência, a personagem mentora "An-Lu" solicita ao jogador que tome uma decisão a respeito da barrica com avaria visual (Figura 6).



Figura 5. Desafio de inspeção de embalagem primária.

A Figura 7 ilustra a resposta logística imediata do sistema após uma tomada de decisão ética por parte do jogador. Ao optar por não relevar a avaria física, o aluno assiste à aplicação correta da identificação visual de rejeição e à segregação do lote. Esse recurso de transição animada serve para materializar a consequência do rigor técnico, reforçando a

Tabela 2. Balanceamento mecânico

Ação do Jogador	Consequência no Sistema	Impacto no Escore
Selecionar barrica avariada na doca	Habilita o dilema ético	+0 pontos
Selecionar barrica intacta por engano	Aviso de observação falha	-5 pontos
Decidir segregar o lote avariado	Elogio profissional e cutscene de rejeição	+10 pontos
Decidir relevar a avaria	Alerta de quebra de BPF e intervenção do sistema	-15 pontos
Reprovar o lote 2 (sem teste de teor)	Decisão correta validada com selo vermelho	+15 pontos
Aprovar o lote 2	Aviso de erro crítico de segurança	-20 pontos
Aprovar o lote 1 (conforme monografia)	Decisão correta validada com selo amarelo	+15 pontos
Escolher a colher ou pipeta	Aviso de coleta superficial inadequada	-10 pontos
Escolher o calador	Ferramenta validada para a coleta representativa	+15 pontos

**Figura 6. Desafio de inspeção de embalagem primária: momento da decisão.**

regra industrial de que a sinalização clara de status deve preceder qualquer movimentação física na área de armazenamento.

A Figura 8 demonstra a principal mecânica de auditoria e verificação de parâmetros do simulador. Inspirada na dinâmica de análise de dados de jogos investigativos, esta interface exige o cruzamento de informações entre o gabarito oficial da empresa e os laudos fornecidos por terceiros. O *design* da prancheta digital bloqueia a automação da tarefa, forçando o estudante a localizar ativamente omissões críticas de qualidade que impossibilitariam a formulação segura de um medicamento.

A Figura 9 representa a evolução do fluxo do insumo aprovado para a etapa de coleta de amostras em área classificada. O ambiente virtual muda drasticamente para tons frios e brancos, refletindo as exigências de controle de contaminação. O momento



Figura 7. *Cutscene* logística de segregação do lote avariado



Figura 8. Interface de inspeção documental apresentando o Certificado de Análise do Lote 2.

interativo foca na seleção adequada de instrumentos analíticos, penalizando o uso de equipamentos superficiais e recompensando a escolha técnica do calador para lidar com materiais sólidos em pó.



Figura 9. Transição para a sala limpa e preparação da amostragem.

Por fim, a Figura 10 detalha a representação da personagem que representa a técnica em amostragem cujo nome é "Helena".

A obrigatoriedade de interagir com diferentes níveis de profundidade da barrica fixa o conceito prático da homogeneidade da amostra. Essa mecânica traduz um

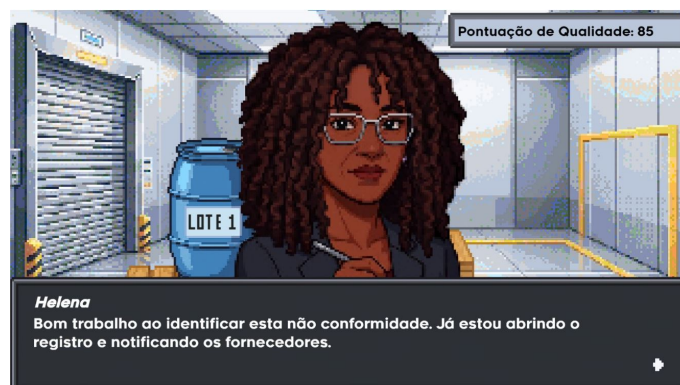


Figura 10. Conclusão da identificação da não-conformidade.

procedimento manual minucioso através da interação por toques na tela de um dispositivo, concluindo a participação direta do jogador antes da parte final do jogo, quando o material é analisado, enviado à cromatografia.

Este jogo teve sua usabilidade avaliada pela equipe de desenvolvimento, incluindo o *stakeholder*, através do método de percurso cognitivo, o qual objetiva verificar a facilidade de aprendizado de um sistema por novos usuários, simulando o comportamento destes. Comprovou-se, então, através da decomposição de tarefas em ações, que o jogo está adequado para a tarefa de simular as tarefas de inspeção de embalagem primária, amostragem e conclusão. Destaca-se, no entanto, que a avaliação de usabilidade do jogo, com base no método *System Usability Scale* (SUS) [Brooke et al. 1996] e em perguntas abertas sobre a adequação do mesmo para treinamento de conceitos de indústria de medicamentos, está prevista para este estudo, porém esta não foi realizada até o momento porque os autores ainda aguardam a aprovação junto ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) ao qual foi submetido.

4. Discussão e Considerações Finais

Este artigo apresentou um estudo envolvendo o projeto e o desenvolvimento de um jogo 2D, baseado em narrativa, voltado ao treinamento de futuros profissionais da indústria farmacêutica. O tema foi definido após a identificação de que ainda há poucas propostas neste contexto, como discutido na Seção 2. Neste jogo, os jogadores podem simular práticas de conceitos teóricos através da possibilidade de navegação por laboratórios, fábricas e demais ambientes, experimentando o processo de fabricação e de testes de medicamentos, de modo a transformar o aprendizado em uma experiência interativa, desafiadora e envolvente através de conceitos de jogos digitais e gamificação.

Através de uma narrativa que envolve desafios e recompensas, os jogadores realizam missões e tomam decisões críticas, como escolher matérias-primas, lidar com questões de conformidade e solucionar problemas na produção de medicamentos, desenvolvendo habilidades de tomada de decisão importantes para futuros farmacêuticos. Tal ferramenta representaria uma mudança revolucionária na forma como os futuros profissionais das áreas relacionadas à indústria farmacêutica aprendem e se preparam para suas carreiras. Como trabalhos futuros, pretende-se testar este jogo com turmas de estudantes de graduação do curso de Farmácia, além de planejar uma versão imersiva através do emprego de conceitos e técnicas de realidade estendida.

Referências

- Ali Adib, S. e Younes, H. M. (2026). From classroom to cleanroom: Evaluating industrial field visits as a pedagogical tool in parenteral pharmaceutical manufacturing and quality control education. *Pharmacy*, 14(2):62.
- Armstrong, M. (2016). Trade secret protection in the pharma industry.
- Brooke, J. et al. (1996). Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194):4–7.
- de Almeida, R. B., Cambruzzi Mendes, D. H., e Dalpizzol, P. A. (2014). Ensino farmacêutico no brasil na perspectiva de uma formação clínica. *Journal of Basic & Applied Pharmaceutical Sciences/Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 35(3).
- de Assis Ribeiro, F., Sinigaglia, M., e da Silva, I. C. S. (2024). Jogo digital baseado em narrativa interativa aplicado ao treinamento na realização do diagnóstico precoce do câncer infantojuvenil. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 1719–1729. SBC.
- Duarte, J. G., Duarte, M. G., Piedade, A. P., e Mascarenhas-Melo, F. (2025). Rethinking pharmaceutical industry with quality by design: application in research, development, manufacturing, and quality assurance. *The AAPS journal*, 27(4):96.
- Dubbelman, T. (2016). Narrative game mechanics. In *International Conference on Interactive Digital Storytelling*, pages 39–50. Springer.
- Garnier, A., Vanherp, R., Bonnabry, P., e Bouchoud, L. (2023). Use of simulation for education in hospital pharmaceutical technologies: a systematic review. *European Journal of Hospital Pharmacy*, 30(2):70–76.
- Haleem, R. M., Salem, M. Y., Fatahallah, F. A., e Abdelfattah, L. E. (2015). Quality in the pharmaceutical industry—a literature review. *Saudi pharmaceutical journal*, 23(5):463–469.
- Halls, N. (2016). *Microbiological contamination control in pharmaceutical clean rooms*. CRC Press.
- Nealey, T., Daignault, R. M., e Cai, Y. (2015). Trade secrets in life science and pharmaceutical companies. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 5(4):a020982.
- Noël, F., Xexéo, G., Mangeli, E., Mothé, A., Marques, P., Kritz, J., Blanchard, F., Vermelho, H., e Paiva, B. d. (2021). Screener, an educational game for teaching the drug discovery and development process. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 54:e11786.
- Palomino, P. e Isotani, S. (2024). Enhancing user experience in learning environments: a narrative gamification framework for education. *Journal on Interactive Systems*, 15(1):478–489.
- Perner-Nochta, I., Schleining, K., Roser, B., Schiemer, R., Müller, J., Egner, J., e Hubbuch, J. (2025). Gamification of pharmaceutical process engineering: Undergraduate academic training for the purification of biologics using head-mounted virtual reality. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(3):e70033.

- Pope, L. (2026). Papers, Please — papersplea.se. <https://papersplea.se/>. [Accessed 30-04-2026].
- Quaresma, A. C. S., de Barros, R. C., da Silva, I. K. S. P., dos Santos Nunes, L., Ramos, L. V. R., e de Souza Melo, P. R. (2021). A importância das visitas técnicas para a formação do aluno de farmácia: relato de experiência the importance of technical visits for the formation of pharmacy students: an experience report. *Brazilian Journal of Development*, 7(4):33674–33682.
- Rocha, T. G. e Galende, S. B. (2014). A importância do controle de qualidade na indústria farmacêutica. *Uningá Review*, 20(2).
- Saha, C. N. e Bhattacharya, S. (2011). Intellectual property rights: An overview and implications in pharmaceutical industry. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 2(2):88–93.
- Sargent, E. V., Flueckiger, A., Barle, E. L., Luo, W., Molnar, L. R., Sandhu, R., e Weideman, P. A. (2016). The regulatory framework for preventing cross-contamination of pharmaceutical products: History and considerations for the future. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 79:S3–S10.
- Suparno, A. e Haekal, J. (2023). Designing a serious simulation game conceptual model of dmaic in determining improvement recommendations of pharmaceutical industry. *International Journal of Scientific and Applied Research (IJSAR)*, eISSN: 2583-0279, 3(8):5–12.
- Takumi, S. (2026). Ace attorney. <https://www.ace-attorney.com/>. [Accessed 30-04-2026].
- Vargas, M. A. (2014). Avaliação do setor produtivo farmoquímico no brasil: capacitação tecnológica e produtiva. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*.
- Wang, Y., Rajan, P., Sankar, C. S., e Raju, P. (2016). Let them play: the impact of mechanics and dynamics of a serious game on student perceptions of learning engagement. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4):514–525.