

Colheita Financeira: Jogo Educacional Adaptativo com Aprendizado por Reforço Sobre Educação Financeira Para Pessoas com Deficiência Intelectual

Colheita Financeira: An Adaptive Educational Game Using Reinforcement Learning for Financial Education of Individuals with Intellectual Disabilities

Beatriz Alves da Silva¹, Helyane Bronoski Borges¹, Tarcizio Alexandre Bini¹,
Simone Nasser Matos¹

¹Dep. Acadêmico de Informática – Univ. Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PR)

beatrizalvessilva@alunos.utfpr.edu.br, {helyane,tarcizio,
snasser}@utfpr.edu.br

Abstract. Introduction: Financial education is essential for making informed decisions, but it is challenging for individuals with Intellectual Disabilities (ID), who may have difficulty understanding abstract concepts. Educational games combined with Artificial Intelligence (AI) emerge as a promising approach to support inclusive learning. **Objective:** To develop and evaluate the educational game Colheita Financeira aimed at teaching financial education concepts using adaptive techniques based on AI. **Methodology:** The game's development was structured in stages that include: defining the mechanics using the agricultural metaphor for managing financial resources; designing visual elements with a focus on accessibility; adaptive modeling using the Q-learning algorithm; implementation in a web environment; and conducting an experiment with users with ID. A questionnaire based on the MEEGA+ model was developed, considering the dimensions of challenge, focused attention, usability, and perceived learning. **Results:** The results indicate a positive response from participants, evidenced by indicators of engagement, ease of use, and understanding of the relationship between crop care and financial return, as well as reports of learning new concepts. **Conclusion:** AI-based adaptive educational games represent a promising approach for teaching financial literacy in inclusive contexts.

Keywords: educational games, financial education, reinforcement learning

Resumo. Introdução: A educação financeira é essencial para a tomada de decisões conscientes, porém desafiadora para indivíduos com Deficiência Intelectual (DI), que podem apresentar dificuldades na compreensão de conceitos abstratos. Jogos educacionais aliados à Inteligência Artificial (IA) surgem como uma abordagem promissora para apoiar a aprendizagem inclusiva. **Objetivo:** Desenvolver e avaliar o jogo digital educacional Colheita Financeira, voltado ao ensino de conceitos de educação financeira com uso de técnicas adaptativas baseadas em IA. **Metodologia:** O desenvolvimento do jogo foi estruturado em etapas que incluem: definição da mecânica usando a metáfora agrícola para a gestão de recursos financeiros; design de elementos visuais com foco em acessibilidade; modelagem adaptativa por meio do algoritmo Q-learning; implementação em ambiente web e a realização de um experimento com usuários com DI. Foi elaborado um questionário baseado no modelo MEEGA+, considerando as dimensões desafio, atenção focada, usabilidade e aprendizagem percebida. **Resultados:** Indicam uma resposta positiva dos participantes, evidenciada por indicadores de engajamento, facilidade de uso e compreensão da relação entre o cuidado com a plantação e

o retorno financeiro, além do relato de aprendizagem de novos conceitos.
Conclusão: *Jogos educacionais adaptativos baseados em IA constituem uma abordagem promissora para o ensino de educação financeira em contextos inclusivos.*

Palavras-chave: *jogos educacionais, educação financeira, aprendizagem por reforço*

1. Introdução

O avanço tecnológico tem promovido transformações significativas na forma como indivíduos interagem, aprendem e tomam decisões em diferentes contextos sociais. No campo educacional, esse cenário impulsiona a adoção de metodologias inovadoras que integram recursos digitais com o objetivo de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico, interativo e alinhado às demandas contemporâneas [Barros and Menezes 2022]. Nesse contexto, os jogos educacionais destacam-se por apoiar a aprendizagem de conteúdos complexos mediante experiências lúdicas e interativas [Santana and Oliveira 2019]. Ao promoverem engajamento, experimentação e *feedback* imediato, esses jogos favorecem a construção ativa do conhecimento, além de estimularem habilidades como raciocínio crítico, resolução de problemas e tomada de decisão [Gramigna 2007].

Entre os conteúdos que se beneficiam da abordagem proposta pelos jogos educacionais está a educação financeira, considerada uma competência essencial para a formação de cidadãos capazes de tomar decisões conscientes em relação ao uso de recursos. Apesar de sua relevância e presença na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [BNCC 2018] e na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável [ONU 2015], a educação financeira ainda é frequentemente percebida como abstrata e de difícil assimilação, especialmente por estudantes com Deficiência Intelectual (DI), que podem apresentar limitações na compreensão de conceitos simbólicos e na generalização de conhecimentos.

A utilização de Inteligência Artificial (IA) em jogos educacionais surge como uma estratégia promissora para tratar a heterogeneidade dos perfis de aprendizagem [Aranha *et al.* 2018]. Técnicas de IA permitem a criação de ambientes adaptativos, capazes de ajustar desafios, *feedbacks* e recompensas de acordo com o comportamento do jogador, promovendo experiências mais personalizadas e potencialmente mais eficazes do ponto de vista educacional [Clement and Cook 2023]. Apesar desses avanços, observa-se que a aplicação de técnicas de IA em jogos educacionais voltados à educação financeira ainda é limitada, especialmente quando direcionada a públicos com necessidades específicas, como indivíduos com Deficiência Intelectual (DI). Essa lacuna evidencia a necessidade de soluções que integrem adaptação e conteúdos educacionais relevantes em um mesmo ambiente interativo.

Diante do contexto já elencado, este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital educacional denominado Colheita Financeira, que utiliza o algoritmo *Q-learning* [Russell and Norvig 2021] para implementar um sistema adaptativo de recompensas baseado no comportamento do jogador. O jogo foi projetado com foco na inclusão de pessoas com DI, incorporando elementos visuais simplificados, suporte à narração e mecânicas intuitivas.

A avaliação do jogo foi realizada com alunos com DI, de uma instituição de ensino da região Sul do Brasil, com o objetivo de analisar aspectos de usabilidade, indicadores de engajamento e aprendizagem percebida. Os resultados indicam que o jogo foi bem aceito pelos participantes, apresentando altos níveis de interesse e favorecendo a compreensão de conceitos básicos de educação financeira.

Assim, as principais contribuições deste trabalho são: (i) o desenvolvimento de um jogo educacional voltado à educação financeira para indivíduos com DI, com foco em inclusão; (ii) a proposta de um modelo adaptativo baseado em aprendizado por reforço, no qual cada área de plantio atua como um agente capaz de ajustar dinamicamente as recompensas de acordo com o comportamento do jogador; e (iii) a avaliação empírica do jogo com usuários reais, utilizando um instrumento baseado no modelo MEEGA+ [Petri *et al.* 2019], evidenciando seu potencial em termos de usabilidade, indicadores de engajamento e aprendizagem percebida.

2. Jogos educacionais sobre educação financeira

A educação financeira é reconhecida como uma competência essencial para a formação de indivíduos capazes de tomar decisões conscientes e responsáveis em relação ao uso de recursos financeiros [Araújo and Alves Sobrinho 2024]. Nesse contexto, a BNCC [BNCC 2018] estabelece sua abordagem como tema transversal, reforçando a necessidade de estratégias pedagógicas que favoreçam sua compreensão desde os primeiros anos de formação.

Os jogos educacionais têm sido explorados como ferramentas de apoio ao ensino, por possibilitarem a simulação de situações reais, o aprendizado por tentativa e erro e o engajamento ativo dos estudantes [Michael and Chen 2006]. A incorporação de técnicas de IA nesses jogos amplia ainda mais seu potencial, permitindo a adaptação dinâmica da experiência do jogador com base em seu comportamento e desempenho.

Torrens *et al.* (2021) realizaram um mapeamento sistemático da literatura sobre jogos sérios aplicados à educação financeira. Dos mais de 500 estudos, apenas 9 trabalhos atenderam aos critérios de seleção, evidenciando que a área ainda é pouco explorada, com predominância de jogos voltados à simulação de situações cotidianas e direcionados predominantemente a adolescentes ou adultos. Além disso, os autores observaram o uso limitado de técnicas de IA evidenciando oportunidades para o desenvolvimento de soluções mais adaptativas e personalizadas.

Trabalhos recentes propõem jogos educacionais com foco na educação financeira, adotando diferentes abordagens. O jogo Dominó Monetário [Abreu Neto *et al.* 2022] utiliza agentes baseados em algoritmos de busca para auxiliar o reconhecimento e a validação de valores monetários durante as jogadas. O sistema oferece *feedback* imediato e personalizado, o que auxilia na aprendizagem de unidades e quantias, permitindo a construção gradual do raciocínio matemático pelos alunos. O jogo *Debt Maze* [Rasco *et al.* 2021], emprega técnicas de aprendizado de máquina para adaptar a dificuldade do jogo conforme o perfil do jogador. O ajuste dinâmico de cenários e decisões financeiras é baseado no desempenho e comportamento do usuário. Isso favorece a experiência personalizada e potencializa o desenvolvimento de habilidades como planejamento, controle de gastos e tomada de decisão. Por fim, o jogo *FinCraft* [Rasco *et al.* 2020] utiliza *learning analytics* para recomendar conteúdos

personalizados, permitindo que o sistema identifique lacunas de conhecimento e adapte automaticamente desafios e recursos para otimizar a aprendizagem do aluno.

Também existem jogos que abordam a temática educação financeira, porém não utilizam técnicas de IA. É o caso do jogo proposto por Peres *et al.* (2019), que simula a gestão de um salário mensal, permitindo ao jogador tomar decisões sobre gastos, poupança e prioridades, com foco no desenvolvimento do planejamento financeiro a longo prazo. O jogo *Cure Runner* [Riemer and Schrader 2019] combina elementos de ação com tomada de decisão financeira, desafiando o jogador a equilibrar riscos, prioridades e gestão de recursos, enquanto avança pelo cenário da aplicação, reforçando conceitos de planejamento e escolha estratégica. Nesta mesma perspectiva, o jogo *Finance Game* [Teixeira Junior *et al.* 2015], propõe atividades interativas que simulam situações de consumo, poupança e tomada de decisão, visando desenvolver nos jogadores noções básicas de planejamento e responsabilidade no uso de recursos financeiros.

Apesar das contribuições dos trabalhos analisados, observou-se que a maioria das propostas não integra mecanismos adaptativos diretamente à mecânica central do jogo, limitando a personalização da experiência do usuário. Além disso, poucos trabalhos consideram aspectos de acessibilidade e inclusão de forma integrada ao uso de IA para o público com DI. Nesse cenário, o jogo educacional Colheita Financeira que é proposto por este trabalho, diferencia-se por integrar um modelo de adaptação baseado em aprendizado por reforço diretamente à mecânica do jogo. Isso permite que a experiência do jogador seja ajustada dinamicamente por intermédio de recompensas associadas ao seu comportamento. Além disso, o jogo foi projetado com foco na acessibilidade e inclusão, sendo avaliado por usuários com DI, o que contribui de forma prática para o avanço de soluções educacionais mais inclusivas e adaptativas.

3. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do jogo educacional Colheita Financeira foi estruturada em etapas que contemplam desde a concepção do *design* até a sua avaliação com pessoas com DI. O processo inclui a definição da mecânica do jogo, o desenvolvimento dos elementos visuais com foco em acessibilidade, a modelagem baseada em IA, os aspectos de implementação e a realização de experimentos com o público-alvo. A Figura 1 apresenta essa sequência de etapas.

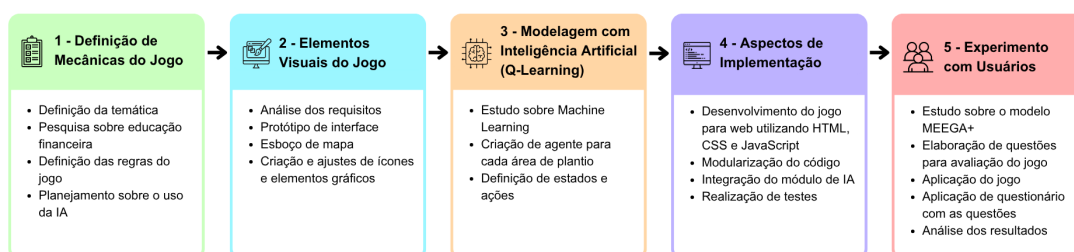


Figura 1. Etapas da metodologia para o desenvolvimento do jogo educacional

3.1 Definição da mecânica do jogo

O Colheita Financeira é um jogo educacional com temática agrícola que simula o ciclo de plantio e colheita como metáfora para a gestão de recursos financeiros. O jogador

assume o papel de responsável por uma plantação, devendo tomar decisões relacionadas à compra de sementes, cultivo e colheita, buscando maximizar seus ganhos ao longo do tempo.

A dinâmica do jogo foi projetada para incentivar o desenvolvimento de habilidades como planejamento, organização de recursos e tomada de decisão, associando diretamente as ações do jogador aos resultados financeiros obtidos. Dessa forma, conceitos como investimento, retorno, poupança e gestão de recursos são explorados de maneira contextualizada.

A mecânica do jogo baseia-se na simulação de uma plantação composta por áreas de cultivo nas quais o jogador pode realizar ações como plantar, regar e colher. O jogo inicia com um determinado valor monetário, que deve ser utilizado para a compra de sementes. A partir disso, o jogador deve gerenciar seus recursos de forma estratégica para obter retorno financeiro.

Dois fatores principais influenciam diretamente o valor obtido na colheita: (i) o tempo em que a planta permanece sem irrigação (quanto mais tempo uma planta permanece sem água, menor será a recompensa) e (ii) a presença de ervas daninhas na área de cultivo (áreas contaminadas por ervas daninhas por longos períodos de tempo reduzem o valor da colheita). Esses elementos introduzem uma dinâmica de cuidado contínuo, exigindo que o jogador monitore e mantenha sua plantação em boas condições.

As ervas daninhas surgem dinamicamente em áreas de plantio, representando eventos adversos que impactam negativamente o resultado financeiro. Para removê-las, o jogador deve utilizar a ferramenta “Herbicida”. Esse mecanismo reforça a necessidade de atenção constante e tomada de decisão rápida. Além disso, o jogo incorpora incentivos financeiros progressivos, como bônus por acúmulo de capital, estimulando o planejamento de longo prazo e a adoção de estratégias mais eficientes.

O Colheita Financeira também incorpora princípios de acessibilidade propostos por Heron *et al.* (2018), com o objetivo de tornar o jogo inclusivo para diferentes perfis de usuários. Entre as principais características adotadas destacam-se: textos curtos e em caixa alta, favorecendo a leitura rápida e clara; opção de narração em áudio de todos os textos exibidos, atendendo jogadores com dificuldades de leitura; a configuração individual dos volumes de música, narração e outros sons do jogo; botões com dimensões ampliadas, facilitando o uso por pessoas com menor precisão motora; interface limpa e objetiva para evitar distrações e facilitar a jogabilidade.

3.2 Elementos visuais do jogo

Os elementos visuais do Colheita Financeira foram projetados com o objetivo de facilitar a compreensão da mecânica e fornecer feedback contínuo ao jogador. A interface foi organizada de forma a reduzir a carga cognitiva, utilizando elementos visuais simples, organização espacial clara e redução de estímulos desnecessários.

Os componentes de interação foram estruturados de modo a permitir acesso rápido às funcionalidades principais do jogo, favorecendo a execução das ações de forma intuitiva. Além disso, o jogo utiliza elementos visuais dinâmicos, como

animações e indicadores de estado, que fornecem feedback imediato sobre o ambiente e auxiliam na compreensão das consequências das ações realizadas. O design visual foi desenvolvido considerando princípios de acessibilidade, priorizando clareza, simplicidade e suporte à compreensão das tarefas por usuários com DI.

3.3 Modelagem com Inteligência Artificial

Para incorporar mecanismos adaptativos ao jogo, foi utilizada a técnica de aprendizado por reforço [Russell and Norvig 2021] por meio de uma adaptação do algoritmo *Q-learning* [Watkins 1989]. Essa abordagem permite que agentes aprendam a partir da interação com o ambiente, ajustando suas decisões com base nas recompensas obtidas.

No contexto do jogo Colheita Financeira, cada área de plantio foi modelada como um agente autônomo, responsável por avaliar seu próprio estado e determinar a recompensa associada à colheita. O estado do agente é definido com base em dois fatores principais: o tempo sem irrigação e o tempo de permanência de ervas daninhas, que refletem o nível de cuidado do jogador.

A atualização dos valores segue a formulação clássica do *Q-learning*:

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha[R + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)]$$

em que: $Q(s, a)$ é o valor atual para o estado s e a ação a ; R é a recompensa recebida após a ação; γ é o fator de desconto, que influencia o peso das recompensas futuras; α é a taxa de aprendizado, que determina o quanto o valor da *Q-Table* será ajustado; s' é o estado no qual o agente vai parar logo após executar a ação a ; a' representa as ações possíveis que o agente pode tomar quando estiver no novo estado s' ; $\max_{a'} Q(s', a')$ é uma operação que busca o maior valor Q a partir de s' e a' .

No jogo Colheita Financeira, a modelagem foi adaptada para um cenário no qual a principal ação considerada é a colheita. O algoritmo observa cada área de plantio individualmente, recebe recompensas baseadas no nível de cuidado da área e usa essa experiência para corrigir o valor estimado anteriormente. Dessa forma, o aprendizado concentra-se na estimativa do valor do estado da área, permitindo associar diretamente o comportamento do jogador ao retorno financeiro.

A recompensa é calculada a partir de um valor base penalizado de acordo com o nível de negligência do jogador. Quanto maior o tempo sem irrigação ou maior a presença de ervas daninhas, menor será a recompensa obtida. Essa estratégia permite que o sistema responda dinamicamente às ações do jogador, incentivando comportamentos mais eficientes. Além disso, o modelo influencia a dinâmica do ambiente, direcionando o surgimento de novas ervas daninhas para áreas com maior histórico de negligência. Esse mecanismo estabelece um ciclo de *feedback* entre ação e consequência, aumentando o desafio e promovendo maior engajamento do jogador.

3.4 Aspectos de Implementação

A aplicação foi desenvolvida para execução em ambiente web, utilizando as linguagens HTML (*HyperText Markup Language*), CSS (*Cascading Style Sheets*) e JavaScript. Isso permite sua execução diretamente em navegadores, sem a necessidade de instalação do jogo. Essa escolha amplia o acesso ao jogo em diferentes dispositivos.

A interface do jogo Colheita Financeira foi desenvolvida com foco em simplicidade e usabilidade, organizando os elementos de interação de forma intuitiva e fornecendo *feedback* visual em tempo real. Funcionalidades como inventário, loja e controle de ações permitem ao jogador acompanhar seu desempenho e compreender as consequências de suas decisões. Dessa forma, a implementação integra princípios de design educacional, acessibilidade e técnicas de IA.

3.5 Experimento com usuários

Para avaliar a experiência de uso e aprendizagem proporcionada pelo jogo, foi elaborado um questionário baseado no modelo MEEGA+ [Petri *et al.* 2019], com as questões adaptadas para o público-alvo. O questionário contemplou as dimensões desafio, atenção focada, usabilidade (operabilidade, estética e aprendizibilidade) e aprendizagem percebida.

Neste trabalho, o engajamento é compreendido de forma indireta, a partir de indicadores como percepção de desafio, interesse em continuar jogando e atenção durante a atividade. Esses aspectos permitem inferir o nível de envolvimento dos participantes com a experiência proposta. As perguntas utilizadas na avaliação são apresentadas na Tabela 1, organizadas de acordo com as dimensões analisadas. As respostas possíveis foram categorizadas em “sim”, “não” e “mais ou menos”, permitindo avaliar de forma acessível a percepção dos participantes sobre a experiência de uso e aprendizagem proporcionada pelo jogo.

Tabela 1. Perguntas de avaliação do jogo

Nº	Pergunta	Dimensão
1	O jogo me desafiou a cuidar bem da minha plantação?	Desafio
2	Eu quis jogar mais vezes para tentar melhorar meu resultado?	Desafio
3	Consegui prestar atenção no jogo sem me distrair?	Atenção focada
4	Usar o mouse para jogar foi fácil para mim?	Usabilidade/operabilidade
5	As imagens do jogo eram fáceis de entender?	Usabilidade/estética
6	Eu gostei das cores e do visual do jogo?	Usabilidade/estética
7	Foi fácil entender como jogar?	Usabilidade/aprendizibilidade
8	Eu consegui jogar sozinho, sem precisar de muita ajuda?	Usabilidade/aprendizibilidade
9	A narração do jogo me ajudou a entender o jogo?	Usabilidade/aprendizibilidade
10	Consegui entender que preciso cuidar da minha plantação para ganhar mais dinheiro?	Aprendizagem percebida
11	Eu aprendi coisas novas jogando?	Aprendizagem percebida
12	Depois de jogar, eu acho que sei mais sobre educação financeira?	Aprendizagem percebida

4. Resultados

Esta seção apresenta a interface do jogo desenvolvido e descreve os resultados obtidos a partir da avaliação do jogo por alunos com DI, considerando aspectos de usabilidade, indicadores de engajamento e aprendizagem percebida.

4.1 Apresentação do jogo

O jogo está disponível online no site Laboratório de Engenharia de Software e Inteligência Computacional [LESIC 2026]. A Figura 2, apresenta a interface principal do jogo Colheita Financeira. A área central da tela é dedicada à plantação, onde o

jogador realiza ações como plantar, regar e colher. O saldo financeiro é exibido na parte superior, permitindo o acompanhamento em tempo real do desempenho do jogador.

Na parte inferior, a barra de ferramentas reúne funcionalidades como acesso ao inventário, loja, regador e herbicida, permitindo ao jogador executar ações diretamente sobre os blocos de plantio. Durante a interação, o jogo fornece *feedback* visual contínuo por meio de animações e alterações nos elementos da plantação, indicando, por exemplo, o momento ideal de colheita ou a presença de ervas daninhas.



Figura 2. Interface principal do jogo Colheita Financeira

4.2 Resultados do experimento

A avaliação do jogo foi realizada em uma instituição da região Sul do Brasil, em um laboratório de informática voltado à inclusão digital. Participaram do estudo 33 alunos com DI, distribuídos em seis turmas. Suas idades variaram entre 14 e 64 anos e os níveis de DI leve e moderado.

Inicialmente, foi realizada uma breve explicação sobre o objetivo do jogo, seguida da apresentação na forma de um vídeo e demonstração prática das principais funcionalidades. Logo após, os alunos interagiram com o jogo por aproximadamente 20 minutos. Após a interação, foi aplicado o questionário descrito na Seção 3.5, com o objetivo de coletar percepções sobre usabilidade, indicadores de engajamento e aprendizagem proporcionada pelo jogo.

A Figura 3, apresenta os resultados do questionário, que indicam uma resposta positiva dos participantes, especialmente nas dimensões de usabilidade e indicadores de engajamento. Em relação ao desafio, 93,9% dos alunos avaliaram o jogo como desafiador, e 69,7% demonstraram interesse em jogar novamente, sugerindo que a mecânica proposta foi eficaz em manter a motivação.

Na dimensão de atenção focada, 69,7% dos participantes relataram conseguir manter a concentração durante a atividade. Em termos de usabilidade, 75,8% indicaram facilidade no uso do mouse. Enquanto 84,8% avaliaram positivamente os aspectos visuais do jogo, evidenciando adequação da interface ao público-alvo.

No que se refere à aprendizibilidade, os resultados mostram maior variabilidade: 48,5% dos participantes afirmaram compreender facilmente as regras do jogo, enquanto 42,4% indicaram compreensão parcial. Esse resultado sugere que, embora o jogo seja acessível, ainda há oportunidades de melhoria na clareza das instruções.

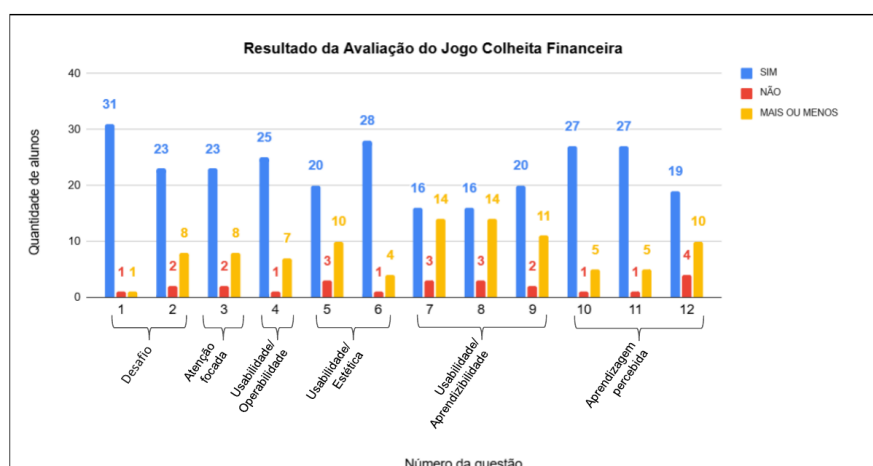


Figura 3. Resultado da avaliação do jogo

Em relação à aprendizagem percebida, 81,8% dos alunos relataram compreender a relação entre o cuidado com a plantação e o retorno financeiro, e o mesmo percentual afirmou ter aprendido novos conceitos durante a atividade. No entanto, apenas 57,6% indicaram sentir maior domínio sobre educação financeira após a experiência, evidenciando que a consolidação do conhecimento ainda pode ser ampliada.

4.3 Discussão

Os resultados obtidos indicam que o jogo foi eficaz em promover engajamento e facilitar a interação dos participantes, aspectos fundamentais em contextos educacionais inclusivos. Além disso, demonstram resposta positiva dos participantes, sugerindo que a abordagem baseada em simulação e *feedback* contínuo contribui para manter o envolvimento dos usuários durante o jogo. A utilização de elementos visuais simplificados e recursos como narração em áudio mostraram-se relevantes para apoiar a compreensão das tarefas, corroborando a importância de estratégias multimodais no desenvolvimento de jogos para indivíduos com DI.

A variabilidade observada na compreensão das regras e na percepção de domínio dos conceitos financeiros, indicam que a aprendizagem ainda depende de refinamentos na abordagem pedagógica. Esse resultado está alinhado com estudos da literatura que apontam desafios na internalização de conceitos abstratos pelo público com DI [Kang, Kastberg and Mason, 2025; Melo, Silveira-Maia and Ribeiro, 2023].

Embora o uso de aprendizado por reforço não tenha sido avaliado isoladamente, sua integração à mecânica do jogo contribuiu para a adaptação dinâmica da experiência, influenciando diretamente o comportamento do jogador por meio de recompensas e *feedbacks* contextuais. De forma geral, os resultados evidenciam que o Colheita Financeira possui potencial como ferramenta de apoio ao ensino de educação financeira, especialmente em contextos inclusivos, ao combinar elementos de acessibilidade, interação e adaptação baseada em IA.

Os resultados também sugerem que a integração de mecanismos adaptativos diretamente à mecânica do jogo contribui para tornar a experiência mais responsiva ao comportamento do jogador. Diferente de abordagens em que a adaptação ocorre de

forma externa ou limitada a ajustes de dificuldade, o uso do aprendizado por reforço no Colheita Financeira, permite associar diretamente as ações do jogador às consequências no ambiente. Essa característica pode favorecer a compreensão de relações de causa e efeito, aspecto relevante no processo de aprendizagem de conceitos financeiros, especialmente para indivíduos com DI.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e avaliação do jogo educacional Colheita Financeira, como uma ferramenta de apoio ao ensino de educação financeira por meio de uma abordagem lúdica, interativa e adaptativa. O jogo foi desenvolvido com uma temática agrícola, escolhida como metáfora para ilustrar conceitos fundamentais de gestão financeira, como poupança, investimento e lucro. Projetado com foco na acessibilidade, considerou as necessidades de indivíduos com DI, e incorporou técnicas de IA por meio de uma adaptação do algoritmo *Q-learning* para promover a adequação dinâmica da experiência do jogador.

Os resultados obtidos a partir da avaliação com usuários indicam uma resposta positiva dos participantes, destacando-se nas dimensões de usabilidade e dos indicadores de engajamento. A interação com o jogo favoreceu a compreensão da relação entre ações e consequências financeiras, contribuindo para o aprendizado de conceitos como planejamento e gestão de recursos.

Do ponto de vista científico, o trabalho contribui ao integrar aprendizado por reforço diretamente à mecânica de um jogo educacional, permitindo a personalização da experiência por recompensas associadas ao comportamento do jogador. Além disso, a avaliação com indivíduos com DI amplia a discussão sobre o uso de jogos educacionais adaptativos em contextos inclusivos, área ainda pouco explorada na literatura.

Apesar dos resultados promissores, este estudo apresenta limitações. A avaliação foi baseada na percepção dos usuários, não contemplando métricas objetivas de aprendizagem ou retenção de conhecimento ao longo do tempo. Além disso, não foi realizada comparação com abordagens não adaptativas, o que limita a análise do impacto isolado da técnica de aprendizado por reforço.

Como trabalhos futuros, pretende-se expandir o modelo do jogo, incorporando diferentes tipos de plantas com dinâmicas distintas de custo e recompensa. Também deverão ser realizados estudos comparativos para avaliar o impacto da adaptação baseada em IA face a uma versão sem mecanismo adaptativo, de modo a investigar os benefícios proporcionados pelo ajuste dinâmico. Além disso, serão investigados métodos de avaliação quantitativa da aprendizagem, incluindo testes pré e pós-intervenção, além de explorar a integração do jogo em contextos pedagógicos formais com acompanhamento docente.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Referências

- Abreu Neto, H. V.; Boldrin, H. F.; Oliveira, L. E.; Torrens, I. C.; Borges, H. B.; Matos, S. N. (2022) “Dominó Monetário: Um Jogo de Educação Financeira”. In Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital. Natal/RN, Brasil. SBC, Porto Alegre, Brasil, 979-988.
- Aranha, E.; Araújo, W.; Madeira, C. IA Aplicada a Jogos Digitais: Oportunidades e Desafios no Campo da Educação. In: Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (DESAFIE!), 7., 2018, Natal. Anais. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018, p. 58-66.
- Araújo, A. L.; Alves Sobrinho, R. (2024). A importância da educação financeira na formação cidadã dos estudantes da Educação Básica. In *Debates em Educação*, v. 16, n. 38, p. 1-14.
- Barros, R. J. A. do R.; Menezes, D. L. (2022). Jogos Educacionais Digitais para Aprendizagem de Matemática Básica na Educação Profissional e Tecnológica. In *Ensino & Pesquisa*, v. 20, n. 1, p.119-134.
- BNCC. Base Nacional Comum Curricular. (2018). https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.
- Clement, D.; Cook, M. (2023). Educational Games and the Potential of AI to Transform Writing Across the Curriculum. In *Education Sciences*, v. 13, n. 5, p. 567. DOI: 10.3390/educsci15050567.
- Gramigna, M. R. (2007). “Jogos de Empresa”. 2. ed. São Paulo, Brasil: Pearson Prentice Hall. ISBN 978-8576051299.
- Heron, M. J.; Belford, P. H.; Reid, H.; Crabb, M. (2018). Meeple Centred Design: A Heuristic Toolkit for Evaluating the Accessibility of Tabletop Games. In *Computer Games Journal*, v. 7, p. 97–114.
- Kang, S.; Kastberg, S.; Mason, B. (2025). Financial literacy for individuals with intellectual and developmental disabilities: Border crossing required. In *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, p. 1-15.
- LESIC. Laboratório de Engenharia de Software e Inteligência Computacional (2026). “Colheita Financeira”. <https://dainf.pg.utfpr.edu.br/lesic/site/produto/329>.
- Melo, B. B. V. de; Silveira-Maia, M. Ribeiro, S. B. (2023). Programas de educação financeira para pessoas com deficiência: uma revisão de escopo. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 29, p. 277-296;.
- Michael, D. R.; Chen, S. (2006), *Serious Games: Games that Educate, Train, and Inform*. Boston, USA: Thomson Course Technology.
- ONU. Organização das Nações Unidas (2015). "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável." <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

- Peres, C.; Miletto, E. M.; Santicioli, J. S.; Chimura, W.; Bertagnolli, S. (2019). A utilização de um Jogo Sériο em aulas introdutórias à Educação Financeira. In *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 17, n. 1, p. 223–232.
- Petri, G.; Wangenheim, C. G. vonl; Borgatto, A. F. (2019). MEEGA+: Um Modelo para a Avaliação de Jogos Educacionais para o Ensino de Computação. In *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 3, p. 52–81.
- Rasco, A. J. A. O.; Chan, J.; Peko, G.; Sundaram, D. (2021). “Evolution of Serious Games to Support Lifelong Learning and Decision Making: Design and Implementation of a Financial Literacy Game”. In 54th Hawaii International Conference on System Sciences. p. 64–73.
- Rasco, A. J. A. O.; Chan, J.; Peko, G.; Sundaram, D. (2020). “FinCraft: Immersive Personalised Persuasive Serious Games for Financial Literacy Among Young Decision-Makers”. In 53rd Hawaii International Conference on System Sciences. p. 32–41.
- Riemer, V.; Schrader, C. (2019). Mental Model Development in Multimedia Learning: Interrelated Effects of Emotions and Self-Monitoring. In *Frontiers in Psychology*, v. 10, p. 1–19.
- Russell, S.; Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Harlow: Pearson Education Limited.
- Santana, Sivaldo Joaquim de; Oliveira, Wilk. (2019). “Jogos Educacionais como Ferramenta de Auxílio ao Processo de Alfabetização”. In: Anais do XXV Workshop de Informática na Escola (WIE), 2019, Brasília. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 148-157.
- Teixeira Junior, R. C.; Traspadini, A. T.; Sant’Ana, V. A.; Nascimento, D. B.; Nunes, V. B.; Nobre, I. A. M. (2015). Finance Game: um jogo de apoio à educação financeira. In *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 13, n. 1, p. 1–13.
- Torrens, Isabel Cristina; Matos, Simone Nasser; Borges, Helyane Bronoski; Lopes, Rui Pedro. (2021). “Jogos Sérios para Educação Financeira: um mapeamento sistemático”. In: Trilha De Educação – Artigos Completos - Simpósio Brasileiro De Jogos E Entretenimento Digital (Sbgames), 20. 2021, Online. Anais. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 479-488.
- Watkins, C. (1989). “Learning From Delayed Rewards”. Tese de Doutorado – King’s College, Cambridge.