
Um agente inteligente como mediador da Zona de Desenvolvimento Proximal em jogos digitais

An Intelligent Agent as a Mediator of the Zone of Proximal Development in Digital Games

Parcilene Fernandes de Brito^a, Lucas Vinicius Oliveira Cardoso, Marianne Lacerda Dutra Theodoro, Douglas Aquino Moreno, Irenides Teixeira.

^aCentro Universitário Luterano de Palmas / iContexto - Inovação em Educação, Saúde e Tecnologias. E-mail: parcilene@gmail.com.

Resumo: Este artigo examina o desenvolvimento do personagem Fantasma, um agente inteligente concebido para atuar como mediador da Zona de Desenvolvimento Proximal em um jogo digital educacional voltado ao ensino de lógica proposicional. O estudo foi realizado no contexto do jogo Insólito, no qual o agente acompanha o percurso do(a) jogador(a) por meio de descrições textuais geradas pela Visão Assistida. A arquitetura proposta combina um modelo de linguagem de grande porte, uma adaptação textual do modelo *Actor-Critic* e uma Memória Causal externa responsável pelo armazenamento de abstrações derivadas das interações. A pesquisa possui abordagem exploratória e descritiva, fundamentada na análise textual dos eventos produzidos durante o *gameplay* e na observação das intervenções realizadas pelo agente. Os resultados indicam que o Fantasma foi capaz de produzir mediações progressivamente mais contextualizadas, reorganizando problemas, retomando inferências anteriores e ajustando suas orientações conforme o histórico do(a) jogador(a). Observou-se ainda a emergência de diferentes modalidades de cooperação ao longo da interação, variando entre apoio reativo, proatividade contextual e colaboração estratégica. O estudo contribui para discussões sobre agentes inteligentes em ambientes digitais de aprendizagem, especialmente em experiências educativas mediadas por linguagem, memória e cooperação contextual.

Palavras-chave: Jogos educacionais; zona de desenvolvimento proximal; agentes inteligentes; lógica proposicional; mediação.

Abstract: This article examines the development of the Ghost character, an intelligent agent designed to act as a mediator of the Zone of Proximal Development in a digital educational game focused on teaching propositional logic. The study was conducted within the context of the game *Insólito*, in which the agent follows the player's trajectory through textual descriptions generated by Assisted Vision. The proposed architecture combines a Large Language Model, a textual adaptation of the *Actor-Critic* model, and an external Causal Memory responsible for storing abstractions derived from interactions. The research adopted an exploratory and descriptive approach, based on textual analysis of *gameplay* events and observation of the agent's interventions. The results indicate that the Ghost was able to produce progressively more contextualized mediations, reorganizing problems, revisiting previous inferences, and adjusting its guidance according to the player's interaction history. Different modalities of cooperation also emerged throughout the interaction, ranging from reactive support and contextual proactivity to strategic collaboration. The study contributes to discussions on intelligent agents in digital learning environments, especially in educational experiences mediated by language, memory, and contextual cooperation.

Keywords: Educational games; zone of proximal development; intelligent agents; propositional logic; mediation.

1 INTRODUÇÃO

Há algum tempo discute-se amplamente o potencial dos jogos digitais educacionais como ferramentas capazes de promover maior engajamento, participação ativa e autonomia no processo de aprendizagem (Jahn-Sudmann; Stockmann, 2008; Li; Chen; Deng, 2024; Ohler; Niending, 2006; Selwyn, 2008;). Estudos recentes indicam que jogos projetados com intencionalidade pedagógica podem influenciar positivamente a motivação dos estudantes, mediada pelo envolvimento ativo na experiência de jogo (Li; Chen; Deng, 2024). Para que tais experiências sejam efetivas, é necessário que a estrutura do jogo favoreça interatividade, descoberta e adaptação dinâmica às ações do jogador, criando ambientes que estimulem aprendizagem independente e colaborativa. Autores como Savi e Ulbricht (2018) e Lieberman (2006) destacam que, quando incorporados de maneira adequada, os jogos ampliam a participação ativa do aprendiz e favorecem a aquisição de competências cognitivas por meio de ciclos contínuos de ação e reflexão.

Nesse cenário, observa-se um movimento crescente de pesquisas que investigam como os jogos digitais contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, atuando como sistemas que desafiam o jogador a interpretar situações, formular hipóteses e reconstruir estratégias a partir do *feedback* recebido (Nadeem; Oroszlanyova; Farag, 2023; Plass *et al.*, 2020). Enquanto fenômeno cultural, os jogos digitais refletem dinâmicas das sociedades contemporâneas e influenciam as formas pelas quais as novas gerações aprendem, comunicam-se e constroem conhecimento. Pesquisas sobre a geração de nativos digitais mostram que esses jovens interagem de maneira fluida com ambientes digitais, demonstram rapidez na troca de informações e preferem

experiências de aprendizagem interativas e não lineares (Mertala, 2024; Veen; Vrakking, 2009). Nesse contexto, os jogos educacionais tornam-se um terreno fértil para práticas pedagógicas que valorizam a exploração, o *feedback* imediato e o desenvolvimento de habilidades por meio da ação situada (Barz *et al.*, 2023; Plass *et al.*, 2020).

Apesar do potencial dos jogos digitais para promover envolvimento e participação ativa, a simples imersão em ambientes interativos não garante a aprendizagem significativa. Em jogos que demandam resolução de problemas, interpretação de situações, construção de estratégias e reorganização constante do pensamento, o jogador frequentemente se depara com momentos de incerteza, dúvida ou impasse. Nesses contextos, torna-se importante a presença de algum mecanismo de mediação, capaz de apoiar o jogador na construção de sentidos, na interpretação do ambiente e na elaboração de novos caminhos possíveis. Como destacam Plass *et al.* (2020), ambientes complexos de jogo exigem sistemas que acompanhem o raciocínio do jogador, oferecendo pistas, reorganizando o desafio ou promovendo reflexões sobre as ações realizadas. A mediação, portanto, não se limita a facilitar o progresso no jogo, mas constitui um processo cognitivo que permite ao aprendiz ultrapassar limites momentâneos de compreensão, transformando a experiência interativa em um espaço fértil para o desenvolvimento.

Essa compreensão da mediação se alinha diretamente à Psicologia Histórico-Cultural, especialmente à formulação de Vygotsky sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Para o autor, a ZDP corresponde à distância entre aquilo que o indivíduo já consegue realizar de forma independente e aquilo que pode realizar com apoio orientado de um parceiro mais experiente (Vygotsky, 1987, 1998). Essa perspectiva destaca que o

desenvolvimento emerge de processos colaborativos mediados por instrumentos simbólicos. Autores posteriores ampliaram essa visão: Wertsch (1991) enfatiza que toda ação humana é constituída por sistemas mediacionais que reorganizam o pensamento, enquanto Rogoff (1990) descreve o processo de “*participação guiada*”, no qual o aprendiz avança por meio de interações estruturadas que modulam atenção, interpretação e tomada de decisão. Assim, a mediação aparece como uma dinâmica relacional que possibilita ao sujeito operar em níveis superiores de compreensão.

Ao transpor esses fundamentos para o campo dos jogos digitais educacionais, observa-se como essas dinâmicas se materializam em propostas como o jogo *Insólito*, concebido para apoiar o desenvolvimento do raciocínio lógico por meio de desafios baseados em lógica proposicional. Nesse contexto, a lógica proposicional é entendida, no campo da filosofia e da ciência da computação, como um sistema formal que descreve relações de verdade e estruturas inferenciais fundamentais (van Benthem, 2008). No universo narrativo do *Insólito*, o jogador assume o papel da Guerreira, personagem que avança por diferentes galerias ao resolver puzzles que exigem observação, formulação de hipóteses e análise estratégica. A natureza gradual e exploratória desses desafios cria um ambiente propício para a emergência de mediações, sobretudo quando o jogador enfrenta obstáculos que excedem seu nível de desenvolvimento atual.

Com base nesse entendimento, este artigo examina o desenvolvimento do personagem Fantasma, concebido como um agente inteligente que atua como mediador da Zona de Desenvolvimento Proximal do(a) jogador(a) no universo do *Insólito*. O funcionamento desse agente baseia-se na combinação entre um modelo de linguagem de grande porte (do inglês, *Large Language Model* – LLM) e uma adaptação textual do modelo

Actor-Critic de Sutton e Barto (2018). Essa estrutura permite que o Fantasma interprete estados textuais do jogo, acompanhe o percurso do(a) jogador(a) e produza intervenções linguísticas coerentes com o momento da ação.

No *Insólito*, a Visão Assistida converte elementos do ambiente em descrições textuais que alimentam diretamente o módulo do agente. A partir desse fluxo, o Fantasma identifica momentos de impasse, reorganiza a tarefa e formula pistas compatíveis com a lógica do enigma, sem recorrer a respostas fixas ou instruções predefinidas. Suas orientações resultam de um ciclo contínuo de interpretação que articula o estado atual do ambiente, o histórico acumulado e a avaliação retrospectiva das tentativas realizadas.

Ao apresentar a concepção e o funcionamento desse agente mediador, o artigo discute como essa integração entre linguagem, análise de ações e acompanhamento contínuo do jogador pode favorecer reorganizações do pensamento durante a resolução de problemas lógicos. O estudo amplia a compreensão de como processos mediadores podem emergir em ambientes digitais interativos, contribuindo para reflexões sobre o emprego de agentes inteligentes em experiências educativas baseadas em jogos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresentada a seguir discute conceitos relacionados à mediação e à Zona de Desenvolvimento Proximal, além de estudos sobre jogos educacionais, aprendizagem em ambientes digitais, cooperação entre humanos e agentes inteligentes e arquiteturas de memória aplicadas a modelos de linguagem. Esses referenciais oferecem a base teórica para compreender o funcionamento do personagem Fantasma no jogo *Insólito* e o papel da linguagem, da memória e da interação cooperativa na

construção de processos mediadores em experiências digitais de aprendizagem.

2.1 Mediação e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), proposta por Vygotsky (1987, 1998), descreve o espaço entre aquilo que o sujeito consegue realizar de maneira independente e aquilo que pode alcançar com apoio orientado. Mais do que uma diferença entre desempenhos, a ZDP representa um campo dinâmico de transformação cognitiva, no qual a aprendizagem antecede e impulsiona o desenvolvimento. Nessa perspectiva, o desenvolvimento humano não ocorre de forma isolada, mas através de processos mediados social e simbolicamente.

A mediação ocupa papel central nesse processo, pois é por meio dela que instrumentos culturais, linguagem e interações reorganizam as funções psicológicas superiores. Nesse sentido, Cole e Scribner (1978) destacam que ferramentas e signos funcionam como elementos mediadores fundamentais da atividade psicológica, permitindo ao indivíduo operar em níveis superiores de compreensão. Complementarmente, Wertsch (1991) argumenta que toda ação humana é constituída por sistemas mediacionais que estruturam a forma como o sujeito interpreta e atua sobre o mundo.

Essa dimensão relacional da aprendizagem também é enfatizada por Rogoff (1990), ao descrever o desenvolvimento como um processo de participação guiada, no qual o aprendiz amplia progressivamente sua capacidade de resolução de problemas por meio de interações estruturadas com agentes mais experientes. De maneira semelhante, Sivan (1986) compreende a aprendizagem assistida como “um processo que requer o envolvimento ativo tanto do membro mais conhecedor quanto da pessoa que está sendo socializada” (p. 215), ressaltando o

caráter colaborativo e intencional da mediação no desenvolvimento humano.

No campo educacional, Bruner (1978) contribui para essa discussão ao introduzir o conceito de *scaffolding*, entendido como um suporte temporário oferecido ao aprendiz durante a execução de tarefas que ainda não conseguiria realizar sozinho. Esse apoio não consiste em fornecer respostas prontas, mas em organizar pistas, direcionamentos e reorganizações graduais da atividade, favorecendo o desenvolvimento progressivo da autonomia. Tal compreensão aproxima-se da noção de mediação contingente, na qual o suporte é continuamente ajustado conforme as necessidades cognitivas emergentes do aprendiz.

Essas discussões tornam-se particularmente relevantes em ambientes digitais interativos, nos quais sistemas computacionais podem assumir funções mediadoras ao acompanhar ações, interpretar dificuldades e reorganizar experiências de aprendizagem. Conforme destacam Kim e Hannafin (2011), ambientes digitais apoiados por mecanismos adaptativos favorecem formas de aprendizagem mais personalizadas e responsivas ao percurso do usuário. Nesse contexto, agentes inteligentes podem atuar como mediadores capazes de oferecer suporte contextualizado durante atividades de resolução de problemas, aproximando princípios da ZDP de experiências computacionais dinâmicas.

2.2 Aprendizagem em ambientes digitais e jogos educacionais

Em Bachen *et al.* (2016), a Aprendizagem Baseada em Jogos, ou *Game-Based Learning* (GBL), foi descrita como uma abordagem pedagógica na qual jogos digitais completos são empregados como ambientes de ensino para aprimorar a aquisição de conhecimentos e habilidades. Esta abordagem difere fundamentalmente da gamificação que, segundo Zainuddin *et al.* (2020), aplica

apenas elementos específicos de jogos (como pontos, emblemas e *rankings*) em contextos não lúdicos, enquanto a GBL utiliza o jogo em sua integralidade como meio educacional.

Na GBL, as mecânicas do jogo, os desafios e as situações-problema são destacados por Banihashem *et al.* (2023) como intencionalmente projetados para proporcionar ao aprendiz um senso de realização enquanto desenvolve competências específicas. Para que um jogo seja considerado um instrumento educacional eficaz, Savi e Ulbricht (2008) levantam que este deve possuir objetivos pedagógicos claros e estar inserido em uma metodologia de ensino que utilize a interação, a motivação e a descoberta como vetores facilitadores da aprendizagem.

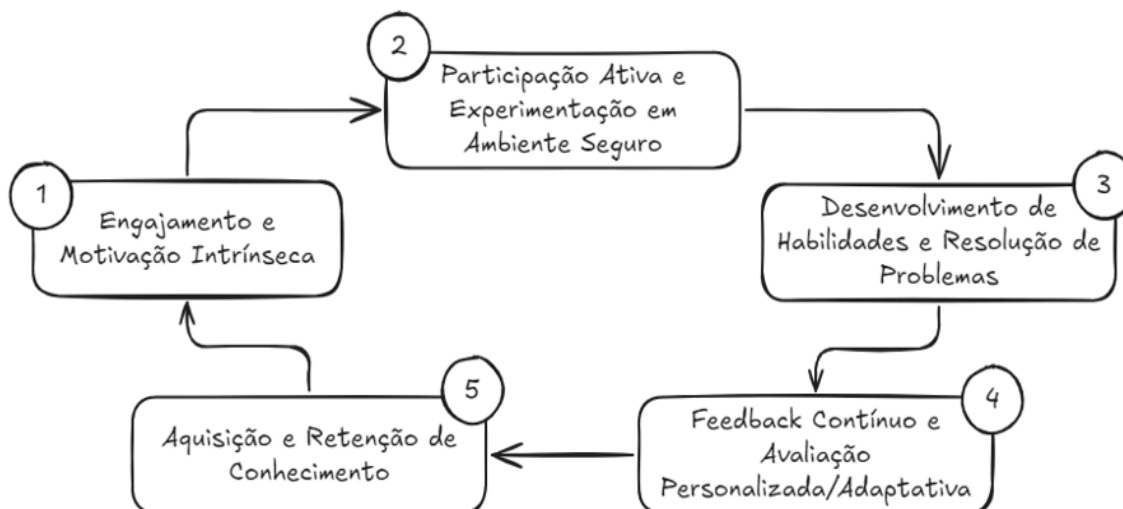
A eficácia da GBL é sustentada por diversas teorias da psicologia e da educação. De acordo com Zainuddin *et al.* (2020), uma das mais proeminentes é a Teoria da Autodeterminação (TAD), que postula que a motivação intrínseca é

amplificada quando são satisfeitas três necessidades psicológicas inatas: autonomia, competência e relacionamento. A autonomia refere-se à capacidade de fazer escolhas significativas dentro do jogo; a competência, à sensação de maestria ao superar desafios; e o relacionamento, à interação com outros jogadores ou personagens.

Complementarmente, sob a ótica do construtivismo, a GBL posiciona o aluno como um agente ativo que constrói seu próprio conhecimento através da interação social e da experimentação em um ambiente seguro. Este ambiente permite o que se denomina "*falha graciosa*", que é a possibilidade de errar e tentar novamente sem punições severas, estimulando assim a exploração e a perseverança (Savi; Ulbricht, 2008; Zainuddin *et al.*, 2020).

O ciclo virtuoso da aprendizagem em GBL é um processo contínuo e interconectado, onde cada fase reforça a anterior e impulsiona a próxima, otimizando o aprendizado, como é demonstrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Ciclo de aprendizagem em um modelo de Game Based Learning



Fonte Adaptado de Zainuddin *et al.* (2020), Banihashem *et al.* (2023), Savi e Ulbricht (2008) e Clark *et al.* (2016)

A Figura 1 ilustra o ciclo virtuoso da GBL, um processo dinâmico onde cada fase potencializa a seguinte, otimizando a experiência de aprendizagem.

1. Engajamento e Motivação Intrínseca: o ciclo se inicia com a capacidade dos jogos de gerar alto engajamento e motivação intrínseca. Jogos

bem estruturados oferecem desafios equilibrados, estimulam a curiosidade e utilizam elementos de fantasia para criar um ambiente atrativo. (Esteban, 2024; Zainuddin *et al.*, 2020).

2. Participação Ativa e Experimentação em Ambiente Seguro: uma vez engajado, o aluno é incentivado à participação ativa através do princípio de "aprender fazendo" (*learning by doing*). Nesta fase, o jogador testa hipóteses e explora livremente o ambiente do jogo. O elemento chave é a existência de um ambiente virtual seguro para a experimentação e descoberta. (Banihashem *et al.*, 2023; Savi; Ulbricht, 2008; Zainuddin *et al.*, 2020).

3. Desenvolvimento de Habilidades e Resolução de Problemas: a natureza interativa e desafiadora dos jogos promove o desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas: pensamento estratégico, resolução de problemas complexos, reconhecimento de padrões e tomada de decisão. Em contextos *multiplayer* ou colaborativos, são também desenvolvidas competências sociais como trabalho em equipe, comunicação efetiva e construção colaborativa de conhecimento (Esteban, 2024; Savi; Ulbricht, 2008).

4. Feedback Contínuo e Avaliação Adaptativa: um dos elementos mais relevantes da GBL é a capacidade de fornecer *feedback* imediato e contextualizado sobre as ações do jogador (Plass *et al.*, 2020). Esta retroalimentação constante permite ajustes estratégicos em tempo real. Adicionalmente, a coleta e análise de dados de jogo, área de estudo da *Learning Analytics*, possibilita a criação de sistemas adaptativos que personalizam a experiência, ajustando dificuldade e suporte às necessidades individuais (Banihashem *et al.*, 2023; Esteban, 2024).

5. Aquisição e Retenção de Conhecimento: o ciclo culmina na aquisição e retenção aprofundada de conhecimento através da aprendizagem situada, onde o conhecimento é aplicado

em contextos relevantes, melhorando compreensão e memorização. O sucesso na superação de desafios fortalece a autoeficácia do aluno, sua crença na própria capacidade de realizar tarefas. A satisfação e o senso de realização obtidos realimentam positivamente a motivação intrínseca, reiniciando e fortalecendo o ciclo virtuoso (Bachen *et al.*, 2016; Clark *et al.*, 2016; Barz *et al.*, 2023).

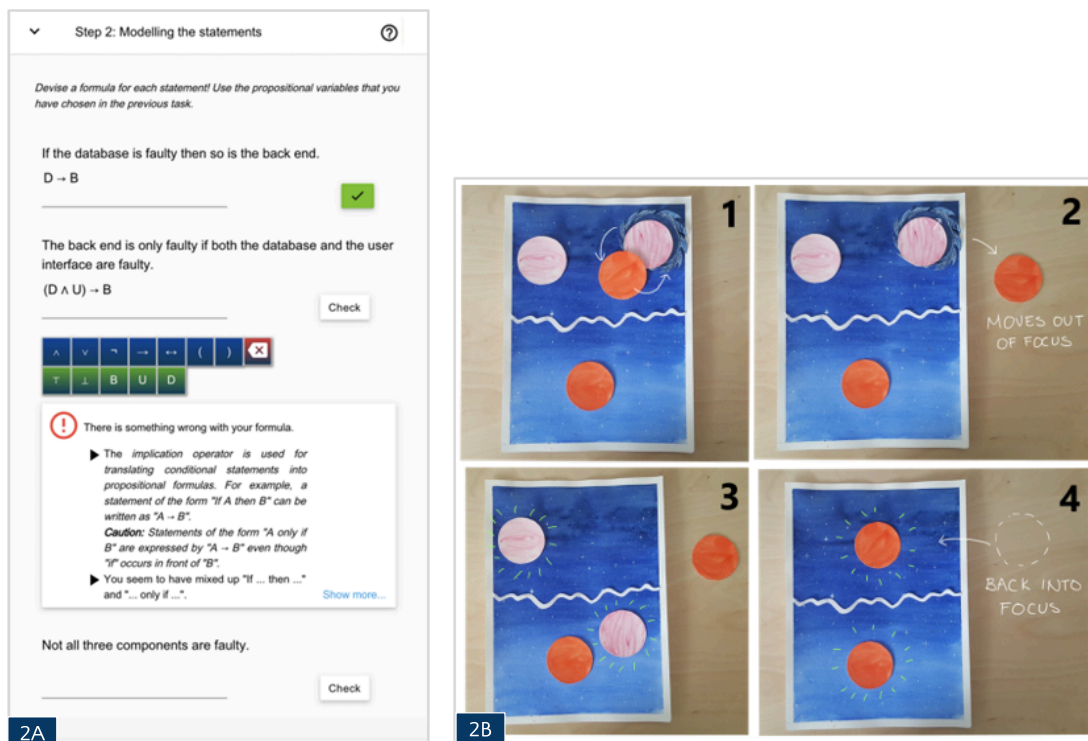
2.3 Jogos educacionais no ensino da lógica

A lógica proposicional, também conhecida como lógica sentencial, constitui uma das bases do raciocínio lógico e da matemática formal. Ela trabalha com proposições que podem ser classificadas como verdadeiras ou falsas e com os conectivos que as relacionam. Segundo Gentil (2019), o domínio da lógica é fundamental para o desenvolvimento de competências de raciocínio crítico e análise estruturada, representando um componente importante para a ciência da computação. Entretanto, seu ensino apresenta desafios recorrentes.

Conforme Veen e Vrakking (2009), o ensino tradicional, baseado na exposição teórica e na repetição de exercícios, frequentemente não considera o ritmo e os estilos de aprendizagem dos estudantes, resultando em desinteresse e baixa retenção do conteúdo. Nesse contexto, metodologias ativas de ensino têm sido adotadas como alternativas para o ensino de lógica. Kishimoto (2010) aborda que entre essas estratégias, encontra-se o uso de jogos didáticos, que proporcionam uma experiência de aprendizagem mais dinâmica, interativa e contextualizada.

Os jogos permitem aos estudantes aprender de forma lúdica e colaborativa, estimulando o raciocínio e o pensamento crítico. Segundo Silva, Costa e Oliveira (2022), o uso de jogos digitais no ensino da lógica formal tem contribuído para o aumento do interesse e da participação dos estudantes nas atividades propostas.

Figura 2 – À esquerda (Figura 2A) um *printscreen* da interface web do sistema *Itis* e a direita (Figura 2B) uma sequência representativa do protótipo feito em papel do jogo *Tenjin*



Fontes: Geck *et al.* (2018) e Burström (2019).

Uma revisão sistemática conduzida por Battistella e von Wangenheim (2016) identificou 107 jogos educacionais para o ensino de computação, abrangendo as áreas de programação, algoritmos e lógica digital. Entre os recursos gamificados aplicados ao ensino de lógica, destaca-se o sistema *Itis*, representado pela Figura 2, desenvolvido para o ensino progressivo de lógica formal. Geck *et al.* (2018) demonstraram que esse sistema permite a personalização do conteúdo, adapta o nível de dificuldade às respostas dos estudantes e fornece *feedback* em tempo real, facilitando o aprendizado e a identificação de erros conceituais. O uso de plataformas desse tipo contribui para a superação das dificuldades do ensino tradicional de lógica.

Outro exemplo é o *Tenjin*, um jogo para *smartphone* que traduz o cálculo de sequentes da lógica clássica para uma interface intuitiva com tema espacial, direcionado ao público jovem. A Figura 3 ilustra uma prova de conceito simples

realizada com protótipo de papel do jogo, conforme metodologia detalhada no estudo de Burström *et al.* (2019). A sequência demonstra a resolução de uma prova lógica através da derivação da proposição B a partir das premissas A e $(\neg A \vee B)$.

No universo de *Tenjin*, o jogador manipula corpos celestes que representam proposições lógicas para aplicar regras de inferência de forma visual e interativa. O planeta rosa representa a proposição A, o planeta laranja representa a proposição B, e o buraco negro simboliza a operação de negação (\neg). A fenda horizontal no centro da tela representa o símbolo de dedução (\vdash), separando as premissas (lado esquerdo) das conclusões (lado direito). A sequência mostra: **(1)** o estado inicial com as premissas; **(2)** a aplicação da regra de eliminação à esquerda, onde o jogador foca no planeta rosa que é absorvido pelo buraco negro; **(3)** o planeta rosa reaparece em ambos os lados da fenda; e **(4)** o jogador foca no planeta laranja para

completar a prova. A prova é concluída quando a proposição-alvo (planeta laranja B) é movida para o lado direito da fenda, demonstrando que a conclusão foi logicamente derivada das premissas iniciais.

Adicionalmente, Glivická (2018) apresenta a abordagem da semântica de jogos (game semantics) como uma alternativa teórica que interpreta a validação de fórmulas lógicas como um jogo entre dois adversários: um "Verificador" e um "Falsificador". Essa perspectiva corrobora com uma correspondência natural entre a estrutura de um jogo e os sistemas lógicos, indicando que os jogos podem criar um ambiente adequado para a exploração de conceitos formais, através de suas regras, estados e objetivos.

Motivado pelo potencial pedagógico identificado, este trabalho propõe o desenvolvimento de um jogo educacional para fomentar o ensino da lógica proposicional. Alinhado às boas práticas da área, o jogo utiliza as mecânicas de puzzle e exploração para criar um ambiente onde as regras lógicas são descobertas e internalizadas através da resolução de desafios que exigem sua aplicação direta para a progressão na narrativa.

2.4 Agentes inteligentes e interação cooperativa

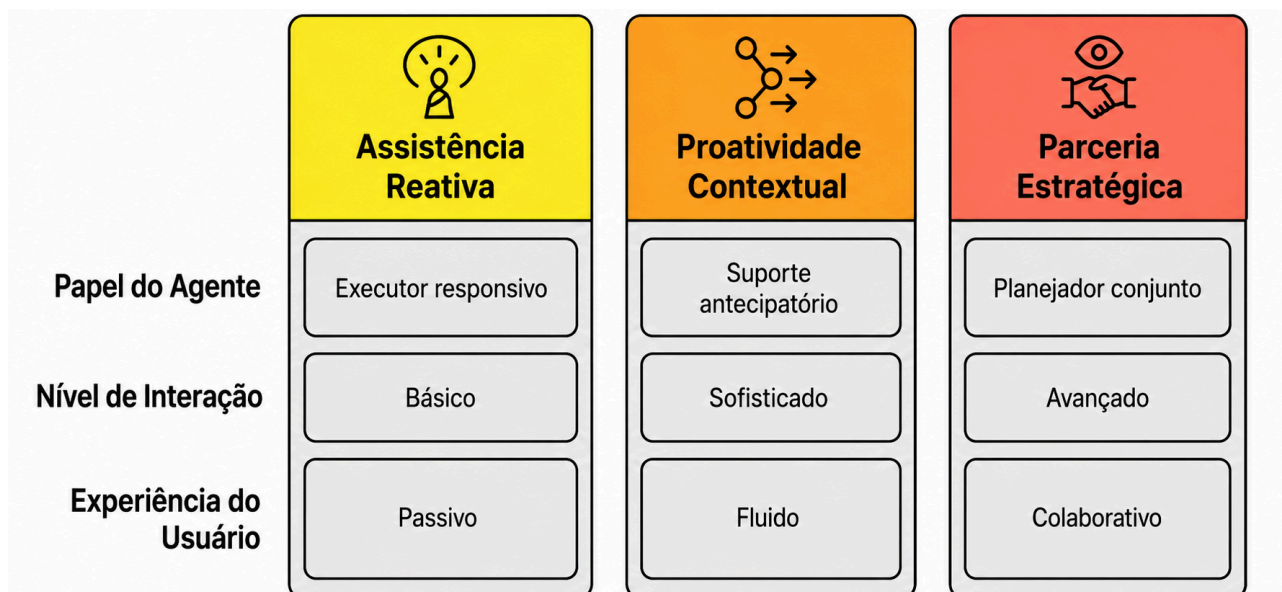
A cooperação efetiva entre humanos e agentes artificiais transcende a simples execução de comandos, exigindo compreensão mútua de objetivos, estratégias e limitações. Segundo Nikolaidis e Shah (2017), essa cooperação manifesta-se em contextos de jogo através de três elementos fundamentais: comunicação natural, antecipação de necessidades do jogador e adaptação a estilos de jogo diversos. Essa complexidade na interação revela a necessidade de abordagens mais

sofisticadas que considerem não apenas aspectos técnicos, mas também dimensões sociais e cognitivas da colaboração humano-máquina.

A pesquisa de Nikolaidis e Shah (2017) sobre adaptação mútua humano-robô identifica três modalidades principais de cooperação: assistência reativa, proatividade contextual e parceria estratégica. Cada uma dessas modalidades representa diferentes graus de autonomia e responsabilidade compartilhada.

A assistência reativa, como mostra a Figura 4, constitui o nível mais básico, funcionando como resposta direta a solicitações explícitas do usuário. Esta modalidade, embora fundamental, limita-se a interações predominantemente unidirecionais, em que o agente mantém papel passivo na dinâmica colaborativa. De acordo com Nikolaidis e Shah (2017), a proatividade contextual representa um avanço significativo, permitindo antecipação de necessidades baseada em padrões comportamentais observados através de modelos de memória limitada para processos de adaptação humana. Esta capacidade de predição comportamental possibilita intervenções oportunas que aumentam a fluidez da experiência interativa sem interromper o fluxo natural das ações do usuário. Por fim, a parceria estratégica corresponde ao nível mais elevado de cooperação, envolvendo o planejamento conjunto de soluções com divisão equilibrada de responsabilidades. Essa modalidade se aproxima da colaboração humana natural ao incorporar negociação de objetivos, distribuição dinâmica de tarefas e coordenação temporal de ações, com o objetivo de maximizar a eficácia conjunta.

Figura 3 – Modalidades de Cooperação Humano–Agente em Sistemas Interativos



Fonte: autores.

A implementação prática dessa cooperação enfrenta desafios substanciais relacionados à construção de confiança mútua e transparência nas intenções dos agentes. Mosquera *et al.* (2024) identificam esses aspectos como determinantes para o sucesso de interações em ambientes dinâmicos, demonstrando através de avaliações no cenário *Commons Harvest do Melting Pot* que agentes aumentados por modelos de linguagem de grande escala apresentam propensão à cooperação, mas ainda enfrentam dificuldades de colaboração eficaz em diversos ambientes. Esta descoberta paradoxal sugere que a cooperação efetiva emerge da complexidade contextual das decisões ao invés de padrões comportamentais predeterminados.

Nesse sentido, a construção de sistemas resilientes requer abordagens que transcendam a programação comportamental fixa, incorporando mecanismos adaptativos que respondam às nuances situacionais e às preferências individuais dos usuários. A transparência algorítmica torna-se, portanto, elemento importante para estabelecer relações de confiança sustentáveis entre humanos e agentes artificiais, especialmente considerando que estes agentes

demonstram compreensão limitada do contexto situacional.

Scheunemann *et al.* (2020) demonstram, por meio de estudos empíricos que utilizaram a escala *RoSAS* em experimentos de interação física com robôs móveis autônomos, que a percepção humana de competência e calor social dos agentes artificiais influencia significativamente a aceitação e a satisfação dos usuários. Os autores acrescentam que o conceito de calor social refere-se à percepção de benevolência, cordialidade e intenções positivas atribuídas ao agente artificial. Segundo eles, esses fatores perceptuais constituem os melhores preditores da preferência humana por diferentes comportamentos robóticos, superando inclusive métricas objetivas de desempenho, como antropomorfismo ou segurança percebida.

Esta descoberta de Scheunemann *et al.* (2020) oferece direcionamentos para o *design* de agentes cooperativos. Enquanto aspectos técnicos como eficiência computacional e precisão algorítmica são importantes, os resultados sugerem que características sociais dos agentes podem contribuir significativamente para o engajamento e a colaboração sustentada.

O *design* de agentes interativos pode se beneficiar da integração de elementos que promovam percepções positivas de calor social e competência, complementando os aspectos funcionais para potencializar a experiência colaborativa em ambientes interativos.

A comunicação eficaz entre humanos e agentes artificiais depende da capacidade dos sistemas em modelar adequadamente as necessidades e expectativas dos usuários. Conforme Bansal *et al.* (2024), agentes devem manter representações das preferências de seus parceiros humanos para fornecer informações relevantes e oportunas. Este processo envolve estimativa contínua da novidade e relevância das informações para o receptor, equilibrando custos de comunicação contra benefícios potenciais para evitar sobrecarga informacional que possa gerar distração ou irritação no jogador.

Contudo, Mosquera *et al.* (2024) observam que agentes demonstram compreensão limitada do contexto situacional, falhando em correlacionar suas ações com sustentabilidade a longo prazo de recursos compartilhados. Esta limitação indica a necessidade de arquiteturas mais sofisticadas que incorporem módulos de compreensão contextual e sistemas de responsabilização mútua, transcendendo abordagens puramente reativas em direção a sistemas verdadeiramente adaptativos.

O desenvolvimento de sistemas humano-agente resilientes demanda atenção especial aos comportamentos cooperativos dos agentes, que influenciam diretamente a cooperatividade dos parceiros humanos através de mecanismos de reciprocidade comportamental. Miller e McGuire (2016) documentam através de estudos experimentais controlados em microambientes que agentes com baixo nível de cooperação resultam em interações menos efetivas e menor compartilhamento de recursos. Esta

relação causal estabelece uma dependência crítica entre *design* de agente e comportamento humano resultante, evidenciando como características algorítmicas se traduzem em dinâmicas sociais.

Inversamente, segundo Chen *et al.* (2020), agentes altamente cooperativos promovem interações mais eficazes e maior colaboração através de mecanismos neurológicos de reciprocidade identificáveis por correlatos neurológicos específicos. Esta dinâmica estabelece ciclos de retroalimentação positiva onde a cooperatividade dos agentes estimula respostas cooperativas dos usuários humanos, criando espirais virtuosas de colaboração que se sustentam ao longo do tempo.

2.5 Arquiteturas de memória e aprendizado contínuo

O fenômeno conhecido como esquecimento catastrófico (*catastrophic forgetting*) em Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs) refere-se à perda ou degradação de conhecimentos previamente adquiridos quando o modelo é exposto a novas tarefas ou informações. Esse problema se intensifica em cenários que exigem processamento contínuo de interações, como jogos em que o agente precisa acompanhar o jogador ao longo de sessões prolongadas (Huang *et al.*, 2024; Majumder *et al.*, 2024). Quando submetidos a sequências extensas de eventos, esses modelos tendem a sobrescrever informações anteriores, comprometendo a consistência do comportamento e dificultando a manutenção de estados relevantes para o contexto do jogo.

Para mitigar esse tipo de perda, pesquisas recentes têm proposto o uso de arquiteturas de memória externa, que funcionam como repositórios independentes do modelo base e preservam experiências passadas sem a necessidade de retreinamento. Essas

abordagens utilizam bancos vetoriais, recuperação semântica e registros estruturados de episódios para permitir que o agente consulte informações anteriormente vivenciadas e mantenha coerência entre interações (Majumder *et al.*, 2024). A ideia central é separar o processamento de linguagem – responsabilidade do LLM – da manutenção de conhecimento acumulado, que passa a ser tratada por sistemas auxiliares de memória.

Outra linha de investigação envolve variações de arquiteturas *Actor-Critic*, adaptadas para lidar com agentes linguísticos. Nesses modelos, o *Actor* gera ações em linguagem natural, enquanto o *Critic* avalia retrospectivamente essas ações com base em objetivos esperados, abstraindo padrões e consequências relevantes. A combinação desses elementos possibilita um aprendizado incremental sem alterar os parâmetros do modelo subjacente, permitindo que o agente refine suas intervenções a partir de experiências acumuladas, sem incorrer no esquecimento catastrófico. Esse tipo de configuração é particularmente adequado para ambientes de jogo, nos quais as relações entre ações e resultados se constituem como ciclos contínuos de retroalimentação.

Com base nesses referenciais, a arquitetura utilizada no desenvolvimento do personagem Fantasma adota uma memória causal externa, operando exclusivamente sobre representações textuais estruturadas em estados de jogo. Essa abordagem elimina a dependência de percepção visual e enfatiza o registro semântico de eventos, decisões, impasses e reorganizações realizadas pelo(a) jogador(a). O módulo *Critic* extrai abstrações causais generalizáveis desses registros e as armazena em um repositório vetorial, enquanto o módulo *Actor* utiliza esse conjunto de experiências para gerar intervenções linguísticas sensíveis ao contexto. Dessa forma, o sistema evita a

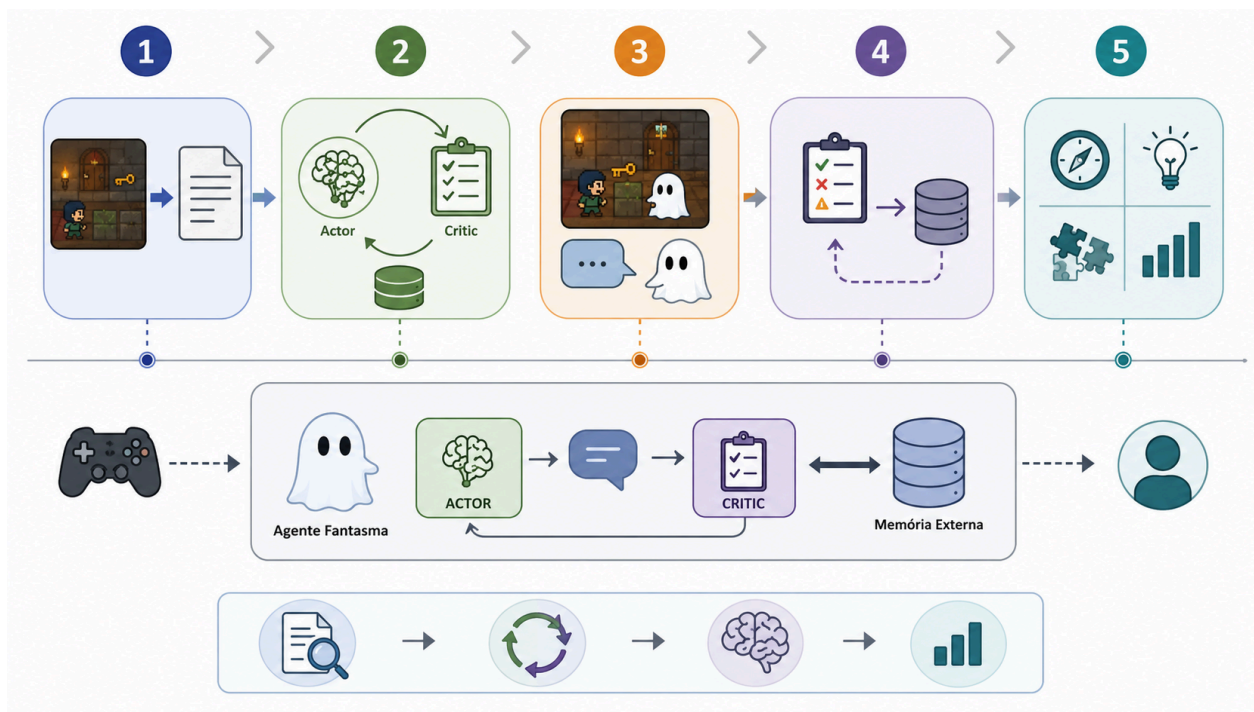
perda de conhecimento adquirido em interações anteriores e mantém a capacidade de ajustar suas mediações ao longo do tempo.

Ao integrar memória externa, abstrações causais e mecanismos de avaliação incremental, o Fantasma torna-se capaz de sustentar ciclos contínuos de mediação ao longo do *gameplay*. Isso permite que o personagem reconheça impasses, acompanhe o desenvolvimento proximal do(a) jogador(a) e produza intervenções coerentes com a trajetória já construída, preservando a historicidade da ação e favorecendo reorganizações cognitivas que emergem nos momentos críticos do jogo.

3 METODOLOGIA

A pesquisa adotou uma abordagem exploratória e descritiva, voltada para compreender como um agente inteligente pode atuar como mediador no processo de aprendizagem em um jogo digital baseado em lógica proposicional. O estudo concentrou-se na implementação e na observação do personagem Fantasma no jogo *Insólito*, analisando como elementos de linguagem, memória externa e avaliação retrospectiva estruturaram intervenções alinhadas ao percurso cognitivo do(a) jogador(a). Todo o processo metodológico foi guiado pela análise textual dos eventos produzidos pelo sistema e pela interpretação desses registros através do modelo *Actor-Critic* apoiado por um modelo de linguagem de grande porte.

Figura 4 – Etapas do desenvolvimento do agente Fantasma no jogo Insólito



Fonte: autores.

Etapa 1. Tradução do ambiente em texto: o jogo foi preparado para transformar automaticamente elementos visuais, ações e eventos em descrições textuais estruturadas. Essa etapa criou a base necessária para que o agente compreendesse o que acontecia no ambiente e acompanhasse as ações do(a) jogador(a).

Etapa 2. Organização do funcionamento do agente: com os estados textuais disponíveis, configurou-se o ciclo de atuação do Fantasma usando uma adaptação do modelo *Actor-Critic* apoiado por um modelo de linguagem de grande porte. Nessa etapa, definiu-se como o *Actor* produziria orientações e como o *Critic* avaliaria tentativas para alimentar a memória.

Etapa 3. Observação das intervenções durante o jogo: o agente foi observado em situações reais de *gameplay* para verificar como reagia a momentos de exploração, dúvida ou tentativa. Essa etapa permitiu acompanhar como as falas do Fantasma surgiam a partir

do fluxo do jogo e como se relacionavam com o comportamento do(a) jogador(a).

Etapa 4. Registro e retomada de inferências: as avaliações geradas pelo *Critic* foram arquivadas em uma memória externa. A partir disso, analisou-se como o Fantasma retomava essas informações ao longo do jogo para ajustar suas intervenções, evitando repetições inúteis e reforçando relações lógicas já identificadas.

Etapa 5. Caracterização das formas de apoio geradas: com as etapas anteriores consolidadas, identificaram-se os modos de cooperação que emergiram na interação entre jogador(a) e Fantasma. Foram observadas variações no tipo de ajuda oferecida conforme o desenvolvimento da tarefa e o histórico registrado na memória.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir da implementação e observação do personagem Fantasma como mediador do

processo de aprendizagem no jogo Insólito. Os resultados são organizados de modo a evidenciar como o agente inteligente pode atuar na Zona de Desenvolvimento Proximal do(a) jogador(a), articulando linguagem, memória e análise das ações para produzir intervenções ajustadas ao percurso proximal de aprendizagem.

Inicialmente, descreve-se o funcionamento geral da integração entre o Fantasma e a dinâmica do jogo, destacando como a arquitetura textual e o processamento contínuo de eventos permitiram ao agente interpretar o contexto de jogo e acompanhar, em tempo real, o raciocínio do(a) jogador(a). Em seguida, são apresentadas evidências empíricas de mediação, analisando episódios concretos em que o Fantasma ofereceu pistas, reorganizou o problema, retomou elementos lógicos relevantes ou auxiliou o(a) jogador(a) na formulação de hipóteses, configurando sua atuação como instrumento simbólico dentro da atividade.

Por fim, discute-se como os mecanismos de geração de ações e avaliação reflexiva, inspirados no modelo *Actor-Critic*, contribuíram para que o Fantasma produzisse intervenções progressivamente mais ajustadas, apoiadas por memórias causais externas que preservaram experiências anteriores. Essa análise mostra como o agente evoluiu de respostas reativas para formas mais elaboradas de cooperação estratégica, fortalecendo a compreensão de que agentes artificiais podem desempenhar papéis mediadores em ambientes interativos de aprendizagem.

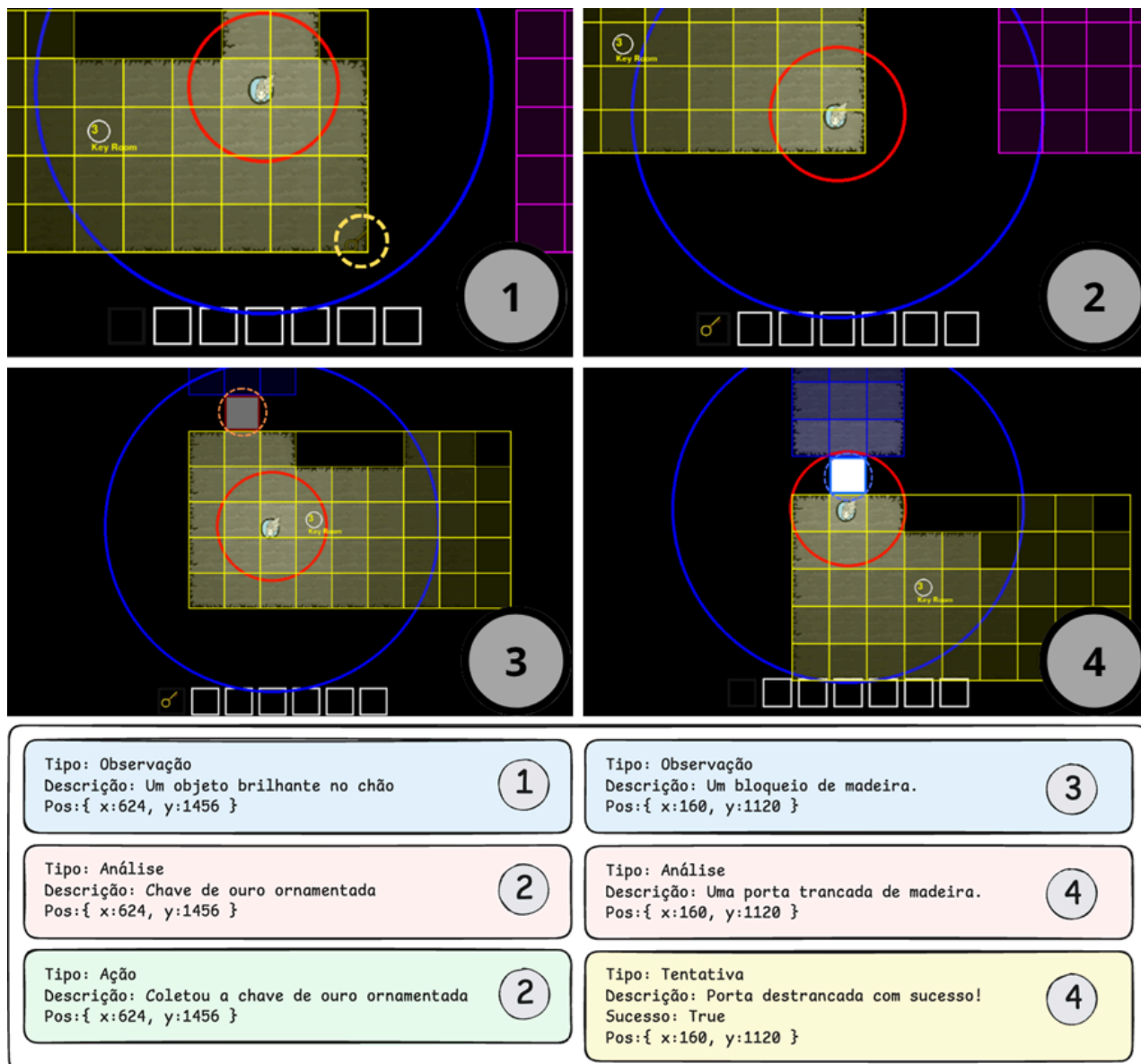
4.1 Visão assistida e estruturação da experiência do jogador(a)

A Visão Assistida constitui a base informacional necessária para que o personagem Fantasma possa acompanhar o percurso do(a) jogador(a) e compreender a lógica da situação vivenciada em cada momento do jogo. Em vez de interpretar

pixels ou imagens, o sistema traduz automaticamente os elementos visuais do ambiente em descrições textuais organizadas em quatro tipos de eventos: observação, análise, tentativa e ação. Essa estrutura substitui a percepção visual tradicional por uma narrativa incremental que registra o que o(a) jogador(a) vê, o que investiga, o que tenta fazer e o que de fato realiza. Essa forma de representação reduz ruídos, favorece interpretações mais claras e cria condições para que o Fantasma reconheça padrões cognitivos relevantes, tais como hesitação, experimentação, tentativa de inferência ou exploração estratégica.

Essa organização por eventos permite que o agente construa uma linha lógica da experiência do(a) jogador(a), identificando momentos em que a ação avança com autonomia e momentos em que surgem lacunas cognitivas que podem configurar a Zona de Desenvolvimento Proximal. Assim, o propósito da Visão Assistida nesta pesquisa não é oferecer precisão técnica ao agente, mas criar um fluxo semântico compatível com a mediação pedagógica pretendida. Cada evento funciona como um marcador interpretável que orienta possíveis intervenções ajustadas à necessidade do(a) jogador(a).

Figura 5 - Sequência de eventos de Visão Assistida durante interação no ambiente do jogo



Fonte: autores.

A sequência apresentada na Figura 5 evidencia como o sistema de Visão Assistida organiza o percurso do(a) jogador(a) em etapas cognitivamente significativas. No primeiro quadro, o jogo identifica apenas um estímulo inicial, descrito como um objeto brilhante no chão, oferecendo uma pista mínima que desperta atenção e abre margem para exploração. No segundo quadro, à medida que o(a) jogador(a) se aproxima, a descrição se torna mais precisa, permitindo reconhecer uma chave de ouro ornamentada e revelando propriedades

antes inacessíveis. O terceiro quadro introduz um novo obstáculo, indicado como um bloqueio de madeira, sugerindo a necessidade de tomada de decisão. O quarto quadro apresenta a natureza específica do desafio, uma porta trancada de madeira, e registra o resultado da tentativa de interação ao indicar que a porta foi aberta com sucesso. Esses quatro momentos articulam a passagem natural entre perceber, analisar, agir e avaliar, configurando um ciclo de aprendizagem que o Fantasma acompanha para identificar dificuldades, hesitações e

padrões de raciocínio. A figura evidencia não apenas a captura de eventos, mas o modo como o jogo estrutura cognitivamente a experiência, permitindo ao agente reconhecer pontos da Zona de Desenvolvimento Proximal e decidir quando e como mediar o processo de descoberta do(a) jogador(a).

Essa abordagem reforça que a Visão Assistida não é um mecanismo técnico isolado, mas um componente que organiza a experiência de jogo em uma lógica interpretável para agentes mediadores. Ao oferecer ao Fantasma um fluxo textual consistente, ela viabiliza intervenções ajustadas ao percurso de aprendizagem do(a) jogador(a), reforçando a função do agente como mediador que apoia o desenvolvimento do raciocínio lógico no contexto narrativo e exploratório do Insólito.

4.2 Arquitetura Actor-Critic com memória causal como suporte à mediação

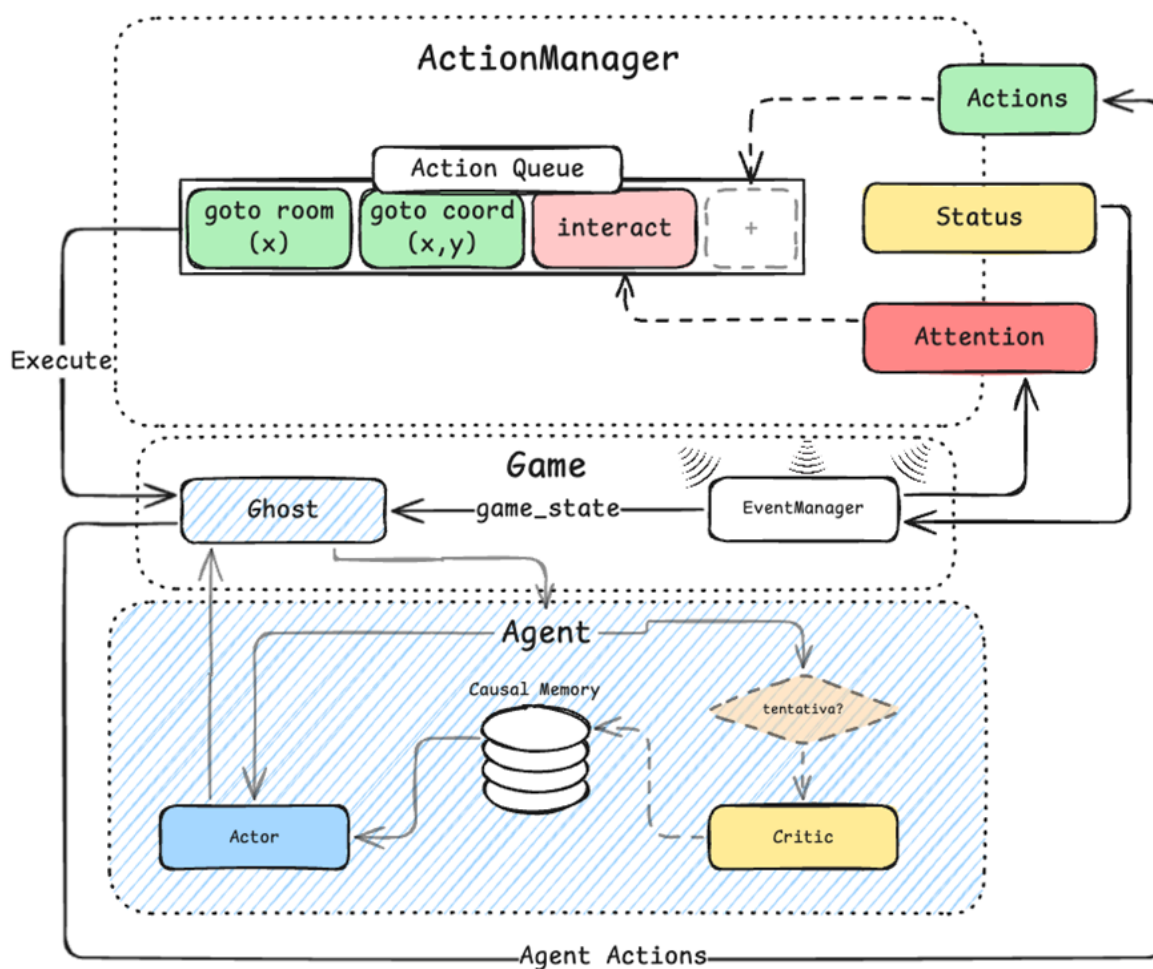
Após estabelecer a Visão Assistida como mecanismo central de percepção textual do ambiente, tornou-se necessário compreender como o Fantasma transforma esses eventos em mediações que apoiam o(a) jogador(a) na construção do raciocínio lógico. A arquitetura adotada integra uma adaptação textual do modelo *Actor-Critic* de Sutton e Barto (2018), combinada a um modelo de linguagem de grande porte (LLM) que interpreta os estados do jogo e funciona como núcleo linguístico da mediação. Diferentemente de abordagens orientadas a recompensas, o objetivo não é otimizar desempenho numérico, mas organizar um ciclo contínuo de orientação, análise retrospectiva e acúmulo de experiência, alinhado à lógica da Zona de Desenvolvimento Proximal.

A operacionalização desse ciclo ocorre por meio da articulação entre *Actor-Critic* e Memória Causal externa. O *Actor*, apoiado por um modelo de linguagem de grande porte, é responsável

por formular orientações em linguagem natural a partir do estado textual recebido e do momento cognitivo do(a) jogador(a). O *Critic*, utilizando o mesmo modelo de linguagem, é acionado sempre que ocorre uma tentativa e realiza uma revisão retrospectiva do que aconteceu, destacando relações entre ação e resultado. As conclusões produzidas nessa avaliação são então registradas na Memória Causal externa, responsável por preservar abstrações textuais generalizáveis para ciclos posteriores. Essa separação entre orientação, avaliação e registro permite que o agente refine progressivamente suas intervenções sem alterar parâmetros internos do modelo de linguagem.

O Fantasma só intervém quando há potencial de reorganização cognitiva. Ele é acionado quando o(a) jogador(a) examina elementos do ambiente e demonstra intenção exploratória, quando executa ações que podem resultar em acerto ou erro e quando permanece em inatividade prolongada, o que indica possível estagnação do raciocínio. Essa lógica de invocação minimiza interrupções desnecessárias e sustenta uma mediação que emerge quando há maior probabilidade de impacto instrucional.

Figura 6 - Arquitetura do agente Fantasma com ciclo Actor-Critic e Memória Causal



Fonte: autores.

A Figura 6 sintetiza a organização desse fluxo. O *EventManager* reúne os eventos estruturados da Visão Assistida e encaminha o estado textual atualizado ao módulo *Ghost*, que coordena o acionamento do *Actor* e do *Critic*. No núcleo do diagrama encontra-se o *Agent*, que utiliza o modelo de linguagem para interpretar cada evento recebido e gerar inferências linguísticas coerentes com o contexto de ação. O *Actor* emprega essas inferências para produzir mensagens orientativas imediatas, enquanto o *Critic* revisita o histórico textual sempre que ocorre uma tentativa, descrevendo a causa do sucesso ou fracasso. As abstrações produzidas são registradas na Memória Causal, mantida externamente ao modelo, permitindo que o Fantasma recupere esse conhecimento em interações futuras. À

medida que novos episódios são acumulados, o repertório causal se amplia, e o agente passa a produzir intervenções mais ajustadas ao estilo de jogo e às dificuldades recorrentes do(a) jogador(a).

Essa integração entre interpretação linguística, análise causal e memória externa sustenta uma mediação dinâmica que acompanha o percurso cognitivo do(a) jogador(a). Ao reconhecer padrões, evitar redundâncias e retomar abstrações quando necessário, o Fantasma consolida um modo de cooperação que favorece a construção gradual de raciocínio lógico no contexto dos *puzzles* do Insólito.

4.3 Evidências de mediação contextualizada no ambiente do jogo

A partir da arquitetura apresentada na seção anterior, a mediação exercida pelo Fantasma passa a se materializar no ambiente do jogo por meio da interpretação contínua dos eventos textuais capturados pela Visão Assistida e pela Memória do Ambiente. Esses eventos, como identificação de totens, registro de tentativas, ativação de portais e mudanças de valores lógicos, são processados pelo agente e convertidos em entradas linguísticas que alimentam o ciclo *Actor-Critic* operado pelo modelo de linguagem. Dessa forma, cada intervenção exibida na tela resulta de uma inferência textual gerada dinamicamente e não de um diálogo previamente roteirizado.

Com base nesse fluxo de dados, o *Actor* formula orientações contextualizadas ao estado atual do desafio, enquanto o *Critic* produz explicações retrospectivas sempre que

ocorre uma tentativa. Esse funcionamento linguístico confere às mensagens do Fantasma um caráter responsivo ao momento cognitivo do(a) jogador(a), permitindo que a mediação reflita tanto a situação atual quanto o histórico acumulado na Memória Causal. As evidências observadas mostram que essas intervenções se tornam progressivamente mais específicas, oportunas e coerentes com a lógica dos *puzzles* do Insólito.

A atuação do Fantasma como mediador torna-se mais clara quando são observados episódios concretos da interação entre o(a) jogador(a), representado(a) pelo personagem da Guerreira, e os elementos do ambiente. Os registros coletados permitem acompanhar a progressão natural entre exploração inicial, formulação de hipóteses, tentativas falhas e reorganização do pensamento, revelando como o agente ajusta suas intervenções à trajetória cognitiva do(a) jogador(a).

Figura 7 – Exploração inicial da galeria e identificação de objetos relevantes



Fonte: autores.

A Figura 7 apresenta a cena inicial de exploração, em que o(a) jogador(a) percorre o ambiente reconhecendo os elementos essenciais para compreender o enigma lógico. O elemento (1) é a Guerreira, controlada pelo jogador(a). O elemento (2) é o Fantasma, que atua como mediador. Os (3) Totens representam proposições lógicas que podem ser manipuladas ao longo da tarefa. O elemento (4) corresponde ao inimigo presente na cena, cuja função é validar a coexistência entre desafio e combate. O (5) Portal Lógico recebe a solução

construída pelo(a) jogador(a), enquanto o (6) Portal da Negação permite alterar o valor lógico dos totens antes de enviá-los. O cenário inclui ainda o (7) Painel de Visualização dos Desafios, que mostra a tarefa atual, o (8) Hotbar de Inventário, com os itens coletados, e o (9) Painel de Status, que indica vida e tempo restante. Quando esses elementos são traduzidos pela Visão Assistida em eventos textuais, o Fantasma passa a acompanhar com precisão o foco atencional do(a) jogador(a), identificando oportunidades para mediação conforme a lógica da tarefa se revela no percurso exploratório.

Figura 8 - Indício inicial de mediação sobre a existência do portal da negação



Fonte : autores.

A Figura 8 registra um momento em que o Fantasma intervém após um período de ociosidade ou de tentativas pouco produtivas, introduzindo a ideia do Portal da Negação de forma indireta. A fala exibida na tela, “*Hmmm... você já pensou em como inverter o valor da Coruja usando aquele portal brilhante?*”, não oferece a solução pronta, mas reorganiza o problema em termos de possibilidades lógicas. Ao mencionar a “*inversão de*

valor” e apontar para “*aquele portal brilhante*”, o Fantasma direciona a atenção do(a) jogador(a) para uma relação ainda não plenamente explorada entre objeto, portal e valor lógico. Essa intervenção caracteriza um primeiro movimento de mediação dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal, em que o agente amplia o campo de visão conceitual sem retirar a necessidade de exploração ativa.

Figura 9 - Mediação explícita sobre a operação de negação e seus efeitos lógicos



Fonte: autores.

A Figura 9 apresenta um estágio mais avançado da mediação, no qual o Fantasma torna a relação lógica ainda mais explícita. A instrução textual “*Será que um totem branco pode se transformar em preto se passar pelo portal da negação?*” introduz diretamente a ideia de transformação de valor lógico associada ao uso do Portal da Negação. Diferentemente do indício mais sutil observado na Figura 8, aqui o agente explicita o papel do portal na mudança de estado do totem, aproximando a jogabilidade do conceito formal de negação. Ainda assim, a fala permanece formulada em tom interrogativo, o que preserva o caráter exploratório da tarefa e convida o(a) jogador(a) a testar a hipótese apresentada em vez de apenas seguir um comando.

A leitura conjunta das Figuras 8, 9 e 10 mostra que a mediação do Fantasma não é homogênea, mas gradativa. Primeiro, o ambiente de jogo organiza os elementos lógicos e de interface que delimitam o problema; em seguida, o agente oferece

pistas que ampliam o foco atencional do(a) jogador(a); por fim, formula orientações mais explícitas que aproximam ações concretas da estrutura conceitual da lógica proposicional. Esse movimento progressivo só se torna possível porque o modelo de linguagem interpreta cada estado textual do ambiente como uma situação significativa, modulando o nível de explicitação conforme o histórico acumulado pelo *Actor* e pelo *Critic*. Dessa forma, as intervenções não derivam de regras pré-estabelecidas, mas de inferências linguísticas que emergem da interação entre percepção do ambiente, análise causal e memória externa. A mediação resulta, assim, de uma reconstrução compartilhada do problema, alinhada à Zona de Desenvolvimento Proximal e preparando o terreno para a análise, na seção seguinte, de como a arquitetura *Actor-Critic* e a Memória Causal sustentam esse ajustamento progressivo das intervenções do Fantasma.

4.4 Memória causal e ajuste progressivo das intervenções

Os registros coletados ao longo das sessões evidenciam que o Fantasma não apenas reage aos eventos do ambiente, mas modifica progressivamente a qualidade de suas intervenções à medida que acumula abstrações causais na Memória Causal. Esse ajuste não ocorre por meio de retreinamento paramétrico, e sim pela integração dinâmica entre o *Critic*, que produz explicações retrospectivas de tentativas, e o *Actor*, que consulta essas abstrações em interações subsequentes.

Os primeiros episódios de mediação, conforme observado na seção anterior, caracterizam-se por orientações mais amplas, frequentemente centradas na reorganização perceptiva do(a) jogador(a). À medida que a Memória Causal começa a registrar padrões de falhas frequentes, relações funcionais entre totens e portais e sequências recorrentes de análise, o Fantasma passa a oferecer orientações mais específicas e contextualizadas, reduzindo gradualmente ambiguidades ou excessos explicativos.

Evidências desse ajuste aparecem quando o agente retoma abstrações formuladas anteriormente e as aplica em situações análogas. Em uma das sessões observadas, por exemplo, o *Critic* registrou que “*totens enviados ao Portal da Negação terão seu valor invertido*”, após acompanhar diversas tentativas frustradas do(a) jogador(a). Esse registro representa uma abstração causal generalizável, pois descreve a operação essencial do enigma. Quando o(a) jogador(a) encontra um *puzzle* estruturalmente semelhante em outra galeria, o *Actor* recupera essa abstração da Memória Causal e a utiliza para orientar de forma mais direta, sugerindo explicitamente que o(a) jogador(a) experimente enviar o totem ao Portal da Negação para testar a inversão.

A reutilização desse tipo de abstração reduz ciclos de hesitação e acelera a formulação de hipóteses,

evidenciando que o agente começa a estruturar suas intervenções com base no histórico real de interações. Esse processo mostra que a mediação se torna mais sintonizada com o estilo individual de jogo. Jogadores que exploram rapidamente tendem a receber mediações que reorganizam os passos lógicos, enquanto jogadores mais cautelosos(as) recebem orientações que antecipam verificações fundamentais, prevenindo sequências repetitivas de tentativa e erro. Assim, o Fantasma demonstra capacidade de adaptação incremental sustentada pelo acúmulo de abstrações causais e pelo uso flexível da memória externa como fonte de raciocínio cooperativo.

Esse ajuste contínuo estabelece a base para examinar, na subseção seguinte, como diferentes modalidades de cooperação emergem desse processo e como o Fantasma oscila entre posturas reativas, proativas e colaborativas conforme interpreta o nível de desenvolvimento do(a) jogador(a).

4.5 Modalidades emergentes de cooperação na interação jogador(a)-fantasma

A análise longitudinal das interações permite identificar que a mediação do Fantasma não se mantém estática, mas evolui para diferentes modalidades de cooperação conforme a complexidade da tarefa e o modo de agir do(a) jogador(a). Esses padrões emergem da articulação entre a interpretação contextual dos estados do jogo, as abstrações recuperadas da Memória Causal e o processamento textual realizado pelo modelo de linguagem. Como os eventos do jogo são convertidos em descrições estruturadas antes de chegarem ao agente, o Fantasma utiliza o LLM para organizar essas informações e produzir intervenções de acordo com a situação cognitiva observada.

A primeira modalidade corresponde a uma cooperação reativa, presente quando o Fantasma intervém

exclusivamente após tentativas mal sucedidas. Nesse modo, o agente atua para reorganizar mentalmente a sequência de ações do(a) jogador(a), destacando relações funcionais ou sugerindo verificações que reduzam a recorrência de erros observados.

À medida que o sistema acumula abstrações causais e identifica ciclos improdutivos de exploração, surge uma cooperação proativa. Nessa modalidade, o Fantasma antecipa dificuldades que já se mostraram recorrentes e oferece pistas específicas para evitar que o(a) jogador(a) permaneça presa em estratégias de baixa eficácia. Essa antecipação não substitui a descoberta autônoma, mas reduz zonas de frustração cognitiva que podem comprometer o engajamento no enigma.

A terceira modalidade caracteriza uma parceria estratégica. Aqui, o(a) jogador(a) já domina aspectos centrais da lógica do enigma, e o Fantasma passa a operar como um colaborador cognitivo. Suas intervenções tornam-se menos direcionadas a ações pontuais e mais voltadas à organização conceitual do desafio, retomando princípios lógicos, conectando elementos dispersos e destacando relações que sustentam a compreensão global da estrutura do puzzle. Nesse estágio, a mediação se aproxima de uma construção compartilhada de significado.

Essas três modalidades formam um gradiente contínuo de cooperação que não depende de regras explícitas, mas emerge da integração entre percepção contextual, memória externa e processamento linguístico. Essa organização conceitual permite sintetizar os resultados apresentados e fundamenta a conclusão da seção, que discute como tais dinâmicas configuram um processo de aprendizagem conjunto sustentado por representações linguísticas estruturadas.

5 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou o desenvolvimento do personagem Fantasma como um agente inteligente mediador no jogo *Insólito*, articulando princípios da Psicologia Histórico-Cultural, aprendizagem baseada em jogos e arquiteturas contemporâneas apoiadas por modelos de linguagem. A integração entre Visão Assistida, modelo *Actor-Critic* e Memória Causal externa permitiu estruturar um sistema capaz de interpretar estados textuais do ambiente, acompanhar o percurso do(a) jogador(a) e produzir intervenções ajustadas ao contexto da ação.

Os resultados evidenciaram que a mediação realizada pelo Fantasma não se restringe a respostas automáticas ou sequências previamente roteirizadas. As intervenções emergem da relação entre percepção contextual, análise retrospectiva das tentativas e recuperação de abstrações causais acumuladas durante o *gameplay*. Esse funcionamento possibilitou a construção progressiva de formas distintas de cooperação, variando entre apoio reativo, antecipação contextual e colaboração estratégica, conforme o desenvolvimento do raciocínio do(a) jogador(a).

Observou-se também que a utilização de uma memória externa permitiu preservar historicidade e continuidade nas interações sem a necessidade de retreinamento do modelo de linguagem, reduzindo redundâncias e favorecendo mediações mais coerentes ao longo do tempo. Nesse sentido, o Fantasma aproximou-se da função de parceiro mediador descrita pela Zona de Desenvolvimento Proximal, reorganizando pistas, retomando relações lógicas e apoiando a formulação de hipóteses sem eliminar o caráter exploratório do jogo.

Por fim, o estudo amplia discussões sobre o uso de agentes inteligentes em experiências educacionais interativas, indicando que arquiteturas linguísticas

apoiadas por memória e análise causal podem favorecer formas mais dinâmicas de mediação em jogos digitais voltados à aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- BARZ, Moritz *et al.* Meta-analysis on the effectiveness of digital game-based learning on cognitive outcomes. **Computers & Education**, [S. l.], v. 195, 2023.
- BACHEN, Christine M. *et al.* How do presence, flow, and character identification affect players' empathy and interest in learning from a serious computer game? **Computers In Human Behavior**, [S.L.], v. 64, p. 77-87, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.043>
- BANIHASHM, Seyyed Kazem *et al.* Learning analytics for online game-Based learning: a systematic literature review. **Behaviour & Information Technology**, [S. l.], v. 43, n. 12, p. 2689-2716, 19 set. 2023. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/0144929x.2023.2255301>.
- BANSAL, Gagan; VAUGHAN, Jennifer Wortman; AMERSHI, Saleema; HORVITZ, Eric; FOURNEY, Adam; MOZANNAR, Hussein; DIBIA, Victor; WELD, Daniel S. **Challenges in Human-Agent Communication**, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2412.10380>. Acesso em: 9 jun. 2026.
- BATTISTELLA, Paulo E.; VON WANGENHEIM, Christiane G.. Caracterização do Público-Alvo de Jogos Educacionais na área da Computação. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI), 24. , 2016, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016 . p. 2016-2025. ISSN 2595-6175. DOI: <https://doi.org/10.5753/wei.2016.9645>.
- BRUNER, Jerome. The role of dialogue in language acquisition. In: SINCLAIR, A.; JARVELLA, R.; LEVELT, W. (org.). **The child's conception of language**. New York: Springer, 1978.
- BURSTRÖM, Elias *et al.* **Constructing a Game Modelled After Logic and Proofs: tenjin: a smartphone game**. 2019. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Computer Science, Computer Science, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, 2019.
- CHEN, Shen; HAO, Guo; JUNLIANG, Xing; SHUYUE, Hu; PIN, Tao; YUANCHUN, Shi; ZHEN, Wang. Reciprocity and Its Neurological Correlates in Human-Agent Cooperation. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, [S. l.], v. 50, n. 5, p. 400-410, 2020.
- CLARK, Douglas B.; TANNER-SMITH, Emily E.; KILLINGSWORTH, Stephen S.. Digital Games, Design, and Learning. **Review Of Educational Research**, [S. l.], v. 86, n. 1, p. 79-122, mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3102/0034654315582065>.
- COLE, Michael; SCRIBNER, Sylvia. Introduction. In: VYGOTSKY, Lev S. **Mind in society: the development of higher psychological processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- ESTEBAN, Allan Jay. Theories, Principles, and Game Elements that Support Digital Game-Based Language Learning (DGBLL): a systematic review. **International Journal Of Learning, Teaching And Educational Research**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 1-22, 30 mar. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.26803/ijlter.23.3.1>.
- GECK, Gaetano; LJULIN, Artur; PETER, Sebastian; SCHMIDT, Jonas; VEHLKEN, Fabian; ZEUME, Thomas. Introduction to Iltis: an interactive, web-based system for teaching logic. **Proceedings Of The 23Rd Annual Acm Conference On Innovation And Technology In Computer Science**

Education, [S. l.], p. 141-146, 2 jul. 2018.
ACM. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1145/3197091.3197095>.

GLIVICKÁ, Jana. Game Semantics in Teaching of Classical First Order Predicate Logic to Students of Computer Science. **Matec Web Of Conferences**, [S. l.], v. 210, p. 04007, 2018. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/201821004007>.

HUANG, Jiawei *et al.* **The Dilemma of Agentic LLMs: Caught between a Rock and a Hard Place**. arXiv preprint arXiv:2405.21300, 2024.

JAHN-SUDMANN, Andreas; STOCKMANN, Ralf. **Computer Games as a Sociocultural Phenomenon**. [S. l.]: Springer, 2008.

KIM, Minchi C.; HANNAFIN, Michael J. Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): bridging research and theory with practice. **Computers & Education**, v. 56, n. 2, p. 403-417, 2011.

LI, Huan; CHEN, Yong; DENG, Zhongliang. The impact of digital educational games on students' motivation for learning: the mediating effect of learning engagement and the moderating effect of the digital environment. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 19, n. 1, 2024.

LIEBERMAN, Debra. What can we learn from playing interactive games? *In*: Vorderer, P.; Bryant, J. (ed.). **Playing video games: motives, responses, and consequences**. [S. l.]: Lawrence Erlbaum, 2006.

MAJUMDER, Bodhisattwa Prasad *et al.* **CLIN: Continual Learning from Interactions via Memory-augmented Large Language Models**. arXiv preprint arXiv:2402.10533, 2024.

MILLER, Christopher A.; MCGUIRE, Katherine; HUMAN FACTORS AND

ERGONOMICS SOCIETY. Cooperation in Human-Agent Systems to Support Resilience: A Microworld Experiment. **Human Factors**, [S. l.], v. 58, n. 6, p. 912-929, 2016.

MERTALA, Pekka. Digital natives in the scientific literature: A topic modeling study. **Computers in Human Behavior**, [S. l.], v. 149, 2024.

MOSQUERA, Manuel; PINZÓN, Juan Sebastián; FONSECA, Yesid; RÍOS, Manuel; QUIJANO, Nicanor; GIRALDO, Luis Felipe; MANRIQUE, Rubén. **Can LLM-Augmented Autonomous Agents Cooperate? An Evaluation of Their Cooperative Capabilities through Melting Pot**. Bogotá: Los Andes University, 2024.

NADEEM, Tayyaba; OROSZLANYOVA, Agnes; FARAG, Mamdouh. Effect of Digital Game-Based Learning on Student Engagement and Motivation. **Computers**, [S. l.], v. 12, n. 9, 2023.

NIKOLAIDIS, Stefanos; SHAH, Julie. Human-Robot Mutual Adaptation in Shared Autonomy. **International Journal of Robotics Research**, [S. l.], v. 36, n. 5-7, p. 618-634, 2017.

OHLER, Jens; NIELDING, Tina. **Learning and play: The evolutionary relevance of games**. *In*: Games and Culture Studies, 2006.

PLASS, Jan L.; HOMER, Bruce D.; KINZER, Charles K. Foundations of Game-Based Learning. **Educational Psychologist**, [S. l.], v. 55, n. 4, 2020.

ROGOFF, Barbara. **Apprenticeship in thinking: cognitive development in social context**. New York: Oxford University Press, 1990.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania. Jogos digitais e aprendizagem: o potencial dos games no ensino. **RENOTE**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2018.

SELWYN, Neil. Challenging our views on digital technologies and learning. **Nordic Journal of Digital Literacy**, [S. l.], v. 3, n. 4, 2008.

SIVAN, E. Motivation in social constructivist theory. **Educational Psychologist** 21, [S. l.], 209–233, 1986.

SCHEUNEMANN, Marcus M.; SALGE, Christoph; POLANI, Daniel; DAUTENHAHN, Kerstin. Human perception of intrinsically motivated autonomy in human–robot interaction. **arXiv**, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2002.05936>. Acesso em: 9 jun. 2026.

SUTTON, Richard S.; BARTO, Andrew G. **Reinforcement learning: an introduction**. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2018.

VYGOTSKY, L. S. Thinking and speech (N. Minick, Trans.). In R. W. Rieber & A. S. Carton (ed.). **The collected works of L. S. Vygotsky**: Vol. 1. Problems of general psychology (pp. 39–285). New York: Plenum Press, 1987. (Publicado originalmente em 1934).

VYGOTSKY, L. S. The problem of age (M. Hall, Trans.). In R. W. Rieber (ed.). **The collected works of L. S. Vygotsky**: (Vol. 5. Child psychology) (pp. 187–205). New York: Plenum Press, 1998. (Publicado originalmente em 1933–1934)

VEEN, Wim; VRAKING, Ben. Homo Zappiens: Growing up in a Digital Age. **Network Continuum Education**, [S. l.], 2009.

VAN BENTHEM, Johan. A Brief History of Logic. In: GABBAY, Dov M.; WOODS, John (ed.). **Handbook of the History of Logic**. Amsterdam: Elsevier, 2008. v. 11, p. 1–40. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1874-5857\(08\)80025-8](https://doi.org/10.1016/S1874-5857(08)80025-8). Acesso em: 9 jun. 2026.

WERTSCH, James V. **Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

ZAINUDDIN, Zamzami; CHU, Samuel Kai Wah; SHUJAHAT, Muhammad; PERERA, Corinne Jacqueline. The impact of gamification on learning and instruction: a systematic review of empirical evidence. **Educational Research Review**, [S. l.], v. 30, p. 100326, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>.



PARCILENE FERNANDES DE BRITO

Doutora em Psicologia (PUC/GO), Mestre em Ciências da Computação (UFSC), Especialista em em Educação Transformadora: Pedagogia, Fundamentos e Práticas. (PUC-RS), Especialista em Ciências da Computação (UFSC), Especialista em Informática para Aplicações Empresariais (ULBRA), Graduada em Psicologia (CEULP/ULBRA), Graduada em Processamento de Dados (UNITINS). Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Engenharia Inteligente de Dados (CEULP/ULBRA). Atualmente é Diretora Acadêmica do Ceulp/Ulbra, Coordenadora e Professora dos cursos de Sistemas de Informação, Ciência da Computação e Engenharia de Software na mesma IES e desenvolve pesquisas no iContexto. Tem experiência na área de Computação e Psicologia, com ênfase em Lógica Formal, Inteligência Artificial, Psicologia do Desenvolvimento e da Aprendizagem, Psicologia da Educação e Informática na Educação.



LUCAS VINICIUS OLIVEIRA CARDOSO

Bacharel em Ciências da Computação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA) e Especialista em Arquitetura de Software pela Universidade Anhanguera. Atua como Líder Técnico e Desenvolvedor no laboratório de inovação da BRQ, em projetos voltados à Inteligência Artificial. É também docente nos cursos de Computação da ULBRA Palmas. Desenvolve trabalhos nas áreas de Arquitetura de Software, Inteligência Artificial e Inovação Tecnológica.



MARIANNE LACERDA DUTRA THEODORO

Graduada em Engenharia de Software pela Universidade Luterana do Brasil, atua como Analista de Dados com foco em Inteligência Artificial. Possui sólida experiência em Python para o desenvolvimento de soluções de IA, como sistemas de reconhecimento facial e a implementação de Geração Aumentada por Recuperação (RAG). Suas competências se estendem ao desenvolvimento de software, incluindo aplicações web full-stack com Javascript, Typescript, Next.js e Node.js, e conhecimento em desenvolvimento de jogos utilizando C# e Python. Participou de projetos de iniciação científica e possui artigos publicados em anais de congressos e eventos científicos nas áreas de IA e análise de dados.



DOUGLAS MORENO AQUINO

Mestre em Educação, especialista em Engenharia de Software com ênfase em qualidade e teste de software e bacharel em Ciência da Computação. Atua como professor no Centro Universitário Luterano de Palmas e na Universidade Estadual do Tocantins. É membro do Grupo de Estudos em Novas Tecnologias para Processos de Ensino e Aprendizagem e do Grupo de Pesquisa em Artes Visuais e Educação, além de integrar o corpo editorial da Revista Singular.



IRENIDES TEIXEIRA

Psicóloga com Doutorado em Educação (UFBA), Mestrado em Comunicação e Mercado (FACASPER). É Pós-Graduada, em Psicologia Clínica (CEULP/ULBRA), em Tecnologias Digitais Aplicadas à Educação (ULBRA), em Gestão e Docência no Ensino Superior (ULBRA) e em Teorias da Comunicação (FACASPER). Possui ainda graduação em Comunicação Social / Publicidade e Propaganda (CEULP/ULBRA) e em Processamento de Dados (UNITINS). É Licenciada em Ciências Sociais e em Psicologia (ULBRA). Atualmente é docente na UNITINS e na ULBRA e desenvolve pesquisas no iContexto.