

A interface em jogo: uma análise da carga cognitiva em um jogo sobre estrutura de dados

Jean Miguel¹, Jeniffer Macena^{1,2}, Elaine Harada², Fernanda Pires¹, Marcela Pessoa¹

¹Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA)
ThinkTED Lab - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Emergentes

²Instituto de Computação – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – AM – Brasil

{jmcb.lic22, fpires, mspessoa}@uea.edu.br

{jeniffer.souza, elaine}@icomp.ufam.edu.br

Abstract. *To what extent can game elements cause cognitive overload to the point of negatively impacting learning? This study, based on a design-based research (DBR) approach, investigates the user experience in an educational game about data structures, with a focus on the interface. Both qualitative and quantitative methods were used, such as thinking aloud, NASA-TLX, MEEGA+, and heatmaps, to analyze usability, aesthetics, cognitive load, and game design elements. The experiment involved computer science students and professionals with experience in educational games. The results indicate high cognitive demand in tasks requiring logical reasoning, as well as limitations related to readability and visual inconsistency. However, interest in the game and understanding of the content suggest that it may be a promising tool.*

Resumo. *Até que ponto os elementos de jogos podem causar sobrecarga cognitiva a ponto de impactar negativamente na aprendizagem? Este estudo, fundamentado em uma abordagem de pesquisa baseada em design (DBR), investiga a experiência do usuário em um jogo educacional sobre estruturas de dados, com foco na interface. Foram utilizados métodos qualitativos e quantitativos, como thinking aloud, NASA-TLX, MEEGA+ e heatmaps, para analisar usabilidade, estética, carga cognitiva e elementos de game design. Participaram do experimento estudantes de computação e profissionais com experiência em jogos educacionais. Os resultados indicam alta demanda cognitiva em tarefas que exigem raciocínio lógico, limitações relacionadas a legibilidade e inconsistência visual. Entretanto, o interesse no jogo e a compreensão dos conteúdos indicam que pode ser uma ferramenta promissora.*

1. Introdução

Jogos são artefatos que podem possuir um propósito voltado tanto para a diversão quanto para a aprendizagem, desde que sejam idealizados com esses objetivos [Tondorf et al. 2024]. No contexto educacional, a interface do jogo atua como mediadora do processo de aprendizagem ao estruturar visualmente as informações e organizar as interações, influenciando como o jogador interpreta desafios, percebe *feedbacks* e conduz suas ações no ambiente do jogo [Klopfer et al. 2025]. Entretanto, conciliar o *design*

da interface com os demais elementos de *game design* é uma tarefa complexa. É necessário unir de forma coesa aspectos como mecânicas, sistema de progressão, estética e narrativa. Quando o jogo apresenta foco excessivo no conteúdo, há risco de se tornar monótono. Por outro lado, quando a diversão é priorizada de forma isolada, o processo de aprendizagem pode ser comprometido, tornando a aprendizagem implícita.

O equilíbrio entre diversão e aprendizagem envolve múltiplas camadas do *design*, incluindo a interface do usuário (UI) e a experiência do usuário (UX), visto que jogos são ambientes complexos que devem respeitar a capacidade cognitiva do jogador [Lima and Marques 2024]. Quando esses aspectos não estão alinhados de modo coerente, o jogador pode entrar em estados de frustração ou tédio, dificultando o engajamento com o jogo e comprometendo a compreensão dos objetivos pedagógicos [Sharek and Wiebe 2014]. Nesse sentido, a disposição dos elementos nas telas de um jogo educacional deve ser cuidadosamente planejada, para que o jogador não fique sobrecarregado com informações e tarefas, o que pode impedir de concluir as atividades propostas [Bastos et al. 2023]. A complexidade desse processo tem sido mitigada por meio da distribuição de conteúdos ao longo das fases do jogo [Macena et al. 2024, Seyderhelm and Blackmore 2023].

Além disso, a análise de requisitos e a coleta de *feedbacks* são etapas importantes no desenvolvimento de jogos educacionais, especialmente em contextos que envolvem conteúdos de computação, cuja complexidade conceitual pode exigir alto esforço cognitivo e um elevado nível de abstração por parte dos aprendizes [Robins 2019]. Algumas pesquisas têm investigado formas de avaliar as interfaces de jogos educacionais, como no estudo de Carvalho et al. [2024], onde os pesquisadores conduziram *workshops* para levantar requisitos de adaptação no *redesign* de um jogo da memória, e na análise realizada por [Lima and Marques 2024] com o jogo D-LEARN, sobre Arquitetura de Software. Há também trabalhos que analisam elementos de *game design* em jogos com conteúdos de computação e sua relação com a carga cognitiva, como o de Macena et al. [2024], que apresenta um jogo sobre o problema da mochila. No entanto, ainda é necessário avaliar para outros conteúdos da computação, de forma mais aprofundada, a qualidade dos elementos de interface desses jogos, para que sejam identificados padrões de atenção e interação dos usuários, considerando tanto a estética quanto seu *game design* educacional.

Diante disso, considerando a importância que as avaliações das interfaces possuem na concepção de jogos educacionais, este estudo tem como objetivo analisar a experiência do usuário com um jogo educacional sobre Estrutura de Dados [Miguel et al. 2025]. A pesquisa busca compreender como elementos visuais e de navegação podem influenciar características como clareza, usabilidade e coerência quanto aos conteúdos propostos no jogo. Nesse intuito, foram utilizados instrumentos como o NASA-TLX (*Task Load Index*) [Hart and Staveland 1988] e o MEEGA+ (*Model to Evaluate Educational Games*) [Petri et al. 2019], além da captura de comportamentos gerados com *heatmaps* durante a interação dos participantes com o protótipo navegável do jogo. Os resultados desta investigação exploratória demonstram limitações na usabilidade e legibilidade da interface, além de indicarem ajustes visuais para orientar melhorias no *design* do jogo.

O trabalho organiza-se da seguinte forma: na Seção 2 encontram-se os trabalhos correlatos e a fundamentação teórica; na Seção 3 a metodologia; na Seção 4 os resultados

e as discussões do estudo; e, por fim, na Seção 5 as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Correlatos

2.1. Jogos Educacionais: Aprendizagem, Carga Cognitiva e UX

A utilização de jogos para fins educacionais vem sendo constantemente estudada como uma alternativa promissora para o processo de aprendizagem, pois são capazes de promover ambientes lúdicos para os estudantes [Miguel et al. 2024], além de estimular habilidades cognitivas, sociais e afetivas, criando contextos de aprendizagem autênticos [Plass et al. 2015]. Essa abordagem é ressaltada por estudos que reforçam o potencial desses artefatos como uma forma de integrar diversão e aprendizagem, conciliando motivação e resolução de problemas a partir da interação do jogador com a ferramenta [Almeida et al. 2021]. Entretanto, para que o jogo estimule esses aspectos de forma benéfica, o mesmo deve possuir uma usabilidade consistente e estar alinhado à Teoria da carga cognitiva (TCC) [Sweller 1994], para que as telas apresentem somente elementos necessários, evitando que o jogador processe informações irrelevantes.

A Teoria da Carga Cognitiva, proposta por Sweller [1994], é uma teoria instrucional desenvolvida para auxiliar na compreensão da quantidade de esforço mental necessário durante o processo de aprendizagem. Baseia-se no funcionamento da memória de longo prazo (onde a informação adquirida é interpretada e armazenada) e a memória de curto prazo, ou memória de trabalho (responsável pelo processamento imediato da informação). A memória de curto prazo possui capacidade limitada; assim, durante a assimilação de novos conteúdos, o excesso de informações não relacionadas pode sobrecarregar esse sistema, prejudicando a aprendizagem [Feinberg and Murphy 2000, Sweller 1994]. A TCC define três tipos de carga: i) intrínseca, ligada à complexidade do conteúdo e ao conhecimento prévio do aprendiz; ii) extrínseca, causada pela forma como a informação é apresentada, podendo incluir distrações ou redundâncias; e iii) germânica, relacionada ao esforço para construir e automatizar esquemas mentais [Plass et al. 2020]. Em formulações mais recentes da teoria, a carga germânica passou a ser tratada como parte da carga intrínseca, e não mais como uma categoria independente [Sweller 2010, Duran et al. 2022]. Logo, em jogos educacionais, isso pode ser um problema: se as telas não considerarem as limitações cognitivas dos jogadores, com excesso de informações ou imagens redundantes, o usuário pode despender esforço maior para processar informações desnecessárias [Kalyuga et al. 2004, Plass et al. 2015].

Nesse sentido, ao considerar a concepção de *design* de ferramentas educacionais, torna-se fundamental adotar práticas para analisar como as informações estão organizadas e são apresentadas ao estudante [Plass et al. 2015, Torgersen and Boe 2021], para que as telas estejam alinhadas à carga cognitiva do usuário, como as avaliações de UX/UI. Em jogos, a UI refere-se à maneira como os elementos visuais e interativos são apresentados, como botões e menus, enquanto a UX refere-se a todos os aspectos da interação do usuário com o sistema, incluindo fatores emocionais e práticos [Norman 2002]. A avaliação de UX pode ser realizada por meio de instrumentos como questionários (*System Usability Scale*), entrevistas com usuários e até mapas de calor [Quintero 2024]. Ademais, se esses elementos forem bem projetados, a interação do usuário com o jogo será facilitada e os possíveis obstáculos técnicos serão reduzidos, contribuindo para uma experiência mais agradável.

2.2. Trabalhos Relacionados

Considerando a importância que a organização dos elementos visuais possui nas interfaces de jogos educacionais, pesquisadores buscam desenvolver esses artefatos avaliando o processo de concepção do *design*, como no estudo [Araujo and Silva 2025], onde os autores desenvolveram e avaliaram o *design* do CodeBô, um *puzzle game* sobre Estrutura de Dados, como alternativa para reduzir a evasão em cursos de computação. Baseado nas teorias do *Flow* [Csikszentmihalyi and Csikszentmihalyi 1990] e da ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal) [Vigotsky et al. 1987], o jogo aborda conteúdos de pilhas, filas e listas em suas mecânicas para promover habilidades nos jogadores. A avaliação ocorreu com quatorze participantes, por meio da ferramenta *E-GameFlow* para avaliar a percepção de satisfação e respostas abertas, revelando boa recepção quanto à clareza, desafio e aprendizado, embora com ressalvas.

No trabalho [Barbosa et al. 2023], foi desenvolvido e avaliado um jogo educativo no formato de *visual novel*, voltado a conteúdos de Estrutura de Dados. A proposta combina a Educação 5.0, elementos de jogos e *storytelling* para promover um aprendizado mais engajador para os jogadores. O jogo apresenta uma narrativa onde o jogador explora conceitos como pilhas, filas, listas, árvores e grafos em diferentes seções temáticas. A avaliação foi conduzida com dez estudantes por meio do instrumento IAQJED, que analisou aspectos de usabilidade, experiência do usuário e princípios de aprendizagem. Os resultados indicaram boa aceitação do jogo como uma ferramenta didática, com ênfase nos aspectos que auxiliaram no engajamento dos estudantes; entretanto, houve *feedbacks* de melhorias para algumas interfaces do jogo.

Da Silva Neto e Odakura [2025] apresentam o jogo educacional Viral goritmos, desenvolvido com a ferramenta Unity na linguagem C# para apoiar na aprendizagem de programação no ensino superior. O jogo utiliza português e desafios baseados em estruturas como condicionais, laços de repetição e vetores. A avaliação foi conduzida com estudantes por meio de questionário com escala *Likert* e questões abertas, abordando motivação, usabilidade e aprendizagem. Os resultados indicaram alta aceitação quanto à diversão (85%) e percepção de aprendizagem (mais de 70%), com sugestões voltadas à clareza de comandos e melhorias visuais.

Ademais, semelhante aos trabalhos anteriores, este estudo também avalia o *design* de um jogo educacional com conteúdos de computação, mas se diferencia nos seguintes aspectos: i) foco nos conteúdos de Estruturas de Dados, especificamente pilha, fila e deque; ii) avaliação do *design* por meio de *heatmaps*, que registram a interação dos usuários durante os testes; iii) aplicação do questionário NASA-TLX para mensurar a carga cognitiva dos estudantes; e iv) o jogo utilizado nessa pesquisa se diferencia por utilizar interações baseadas em *drag-and-drop* e mecânicas de movimentação com setas, com estilo de jogos de plataforma, além de apresentar uma narrativa própria e elementos de *game design* distintos.

3. Metodologia

Nesta pesquisa foi realizado um experimento para avaliar a interface e a experiência do usuário no jogo educacional *Robohouse*. Foram utilizados instrumentos quantitativos e qualitativos para identificar elementos que impactam na usabilidade, clareza, engajamento e carga cognitiva. A seguir, são apresentados os objetivos, procedimentos, métodos de

análise, perfil dos participantes e demais etapas do experimento, como pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1. Etapas do Design Experimental.

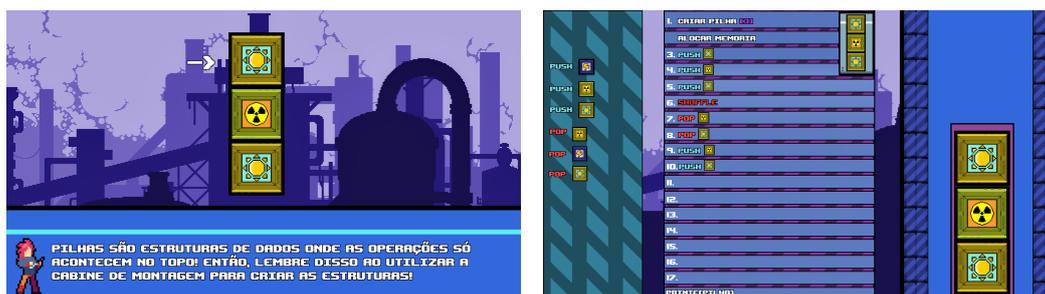
3.1. Etapa 1: Planejamento

Objetivo: o experimento buscou avaliar a UX do jogo considerando como os elementos da interface impactam a clareza, a usabilidade, o engajamento dos jogadores e a percepção de carga cognitiva durante a interação com o *software*.

Instrumentos: foram utilizados instrumentos para coletar dados tanto quantitativos quanto qualitativos, como os questionários NASA-TLX [Hart and Staveland 1988], MEEGA+ e entrevistas onde os avaliadores relataram suas percepções sobre expectativas, obstáculos percebidos durante a interação e elementos visuais que serviram como marcos de referência na navegação. A proposta se insere em uma abordagem de pesquisa baseada em *design* (DBR), buscando coletar dados e *feedbacks* para uma futura refatoração do jogo educacional avaliado.

Robohouse: trata-se de um jogo educacional digital 2D, desenvolvido com o objetivo de auxiliar na aprendizagem em conteúdos de Estruturas de Dados. A história do jogo é sobre Energilson, um robô que trabalha na fábrica EletroSol, montando baterias em formas de pilhas para ajudar planetas em crise energética. Com ajuda de sua supervisora Eletra, ele enfrenta sabotagens da UmbraCorp, uma corporação rival que tenta monopolizar o fornecimento de energia no universo (Figura 2(a)). A mecânica consiste em criar pilhas de baterias utilizando os comandos de *push* e *pop* para inserir ou retirar baterias da pilha através de comandos em uma interface semelhante a ferramenta *Scratch*, onde os comandos ficam à esquerda da tela (Figura 2(b)), são programados na parte central e o resultado da programação é refletido na parte direita da interface, como pode ser visualizado na Figura 2.

O jogo foi submetido a uma avaliação inicial com estudantes do curso de Licenciatura em Computação, utilizando os instrumentos MEEGA+ [Petri et al. 2019] e Emoti-SAM [Hayashi et al. 2016] para analisar aspectos de aprendizagem e satisfação [Miguel et al. 2025]. Entretanto, esses testes tiveram limitações técnicas pela ferramenta Figma, que não coleta dados de interações e os participantes não eram *designers* ou pessoas com experiência com desenvolvimento de jogos educacionais, o que pode ter impactado na obtenção de dados relacionados ao *design* do jogo. Dessa forma, mesmo que os resultados tenham apontado percepções positivas quanto à clareza das instruções e à estética visual, os testes não trouxeram *feedbacks* de usabilidade além das perguntas dos formulários e nem dados relacionados a esforço/demanda mental dos jogadores, o que motivou a realização do presente estudo.



(a) Tela de explicação de Estruturas de Dados.

(b) Tela de programação de pilha.

Figura 2. Interfaces de Robohouse.

3.2. Etapa 2: Seleção de Participantes

Os participantes do experimento foram quatro estudantes universitários, sendo dois da área de computação e dois da área de *design* com experiência em *design* de jogos educacionais, sendo dois deles estudantes de computação com conhecimento prévio em Estruturas de Dados. O motivo para a escolha desse público deve-se ao fato de que os mesmos já possuem familiaridade com elementos técnicos e estéticos em jogos, permitindo maior rigor aos *feedbacks* coletados sobre a interface e usabilidade do *software*.

3.3. Etapa 3: Ambiente

Local: o experimento foi conduzido em um laboratório com iluminação adequada na universidade, sem interferência de ruídos externos e controlado para evitar distrações dos participantes.

Dispositivos: os participantes utilizaram o mesmo modelo de notebook, assegurando uniformidade na exibição da interface e evitando variações que poderiam surgir em dispositivos com tamanhos ou resoluções de tela diferentes. Também foi utilizado um microfone para registrar os *feedbacks* de áudio fornecidos pelos avaliadores durante os testes.

Ferramentas: a interação ocorreu com uma versão navegável do protótipo de média fidelidade do jogo *Robohouse*, desenvolvida na ferramenta Figma. Para viabilizar a aplicação e a coleta dos dados, foi utilizada a plataforma Maze, que permitiu o rastreamento dos cliques, fluxos de navegação e geração automática de mapas de calor, além da integração com formulários pós-tarefa.

3.4. Etapa 4: Aplicação

A aplicação consistiu em os participantes jogarem duas fases distintas do protótipo do jogo no Figma, sendo uma fase tutorial para familiarizar os avaliadores com as mecânicas presentes, e a primeira fase do jogo, contendo dois desafios e um grau mais elevado de dificuldade em comparação com o tutorial. Os testes tiveram uma duração média de 30 minutos. Durante a aplicação, os participantes iam relatando informações à medida que iam jogando, e esses dados foram coletados utilizando a técnica do *think aloud*. Ademais, ao fim do experimento, os avaliadores eram designados a responder os formulários MEGA+, NASA TLX e perguntas adversas voltadas para a experiência ao interagir com o jogo.

3.5. Etapa 5: Coleta e Tratamento de Dados

A avaliação foi conduzida com a apresentação de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assegurando o cumprimento dos princípios éticos e a confidencialidade das informações dos participantes, na qual abrange as seguintes formas de avaliação:

MEEGA+: para a avaliação de aspectos relacionados à usabilidade, engajamento, satisfação e percepção de aprendizagem, foi aplicado o questionário MEEGA+, instrumento validado para a análise de experiências com jogos educacionais. As respostas possibilitaram uma visão estruturada sobre como os participantes perceberam os elementos de aprendizagem propostos pelo jogo.

NASA-TLX: a percepção da carga cognitiva durante a realização das tarefas foi coletada por meio do questionário NASA-TLX. Esse instrumento avalia diferentes dimensões da carga mental percebida, como esforço, frustração e desempenho, permitindo identificar o nível de exigência cognitiva imposto pelas atividades propostas. As respostas foram registradas em uma escala Likert de 1 a 7, sendo 1 correspondente a uma carga muito baixa (por exemplo, pouco esforço ou mínima frustração) e 7 a uma carga muito alta (por exemplo, esforço extremo ou frustração intensa).

Heatmaps: durante a navegação no protótipo, foram coletados dados automatizados de interação utilizando a plataforma Maze¹, integrando o protótipo do Figma. A ferramenta registrou métricas como tempo de permanência em tela, áreas de maior concentração de cliques e padrões de navegação, apresentadas visualmente por meio dos *heatmaps*. Essa visualização permitiu identificar zonas de atenção, hesitação ou confusão na interface, contribuindo para a análise do *design*.

Entrevista semi-estruturada: visando contornar as limitações dos formulários NASA-TLX e MEEGA+, que embora ofereçam métricas relevantes, não permitem que o usuário disserte de forma mais livre sobre os elementos da interface que mais causaram incômodos na usabilidade (durante a *gameplay*), foi realizada a entrevista semi-estruturada como uma abordagem qualitativa auxiliar, utilizando a técnica de *thinking aloud* como método de coleta. Os avaliadores foram instruídos a comentarem durante a interação com o jogo, enquanto tanto a tela quanto o áudio durante os testes eram gravados.

4. Resultados e Discussões

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos através das aplicações dos experimentos com os participantes, assim como as discussões sobre os dados coletados.

4.1. Análise dos dados do MEEGA+

Dentre as avaliações de experiência do usuário², a dimensão de diversão foi avaliada positivamente por 75% dos participantes, que afirmaram ter se divertido ao jogar o jogo e 50% relataram ter elementos presentes na *gameplay* que os fizeram sorrir. Esses dados sugerem que o jogo é capaz de proporcionar momentos de diversão durante a realização das tarefas, o que contribui para manter a motivação dos jogadores ao enfrentarem os

¹Site da plataforma Maze <https://maze.co/>

²Avaliação de UX disponível em https://drive.google.com/file/d/1KEuZnQ7kF_f1zvB_diKhGwk8tGPEgAks/view?usp=sharing

desafios propostos. No entanto, a experiência pode ser aprimorada com a inclusão de novos elementos ou mecânicas que reforcem a sensação de recompensa, potencializando o engajamento ao valorizar o progresso e o sucesso nas ações do jogador. Elementos visuais, sonoros e narrativos mais imersivos podem contribuir para tornar a experiência mais afetiva, aprimorando o componente emocional que pode vir a engajar os jogadores, que é essencial em propostas de jogos educacionais centrados no aprendizado através da diversão.

Ademais, na dimensão de atenção focada, 50% dos participantes indicaram ter desviado a atenção do ambiente externo durante a atividade, enquanto apenas 25% relataram perda da noção temporal ao longo da interação. Esses dados apontam para um nível de imersão parcial, sugerindo que, embora o jogo consiga capturar a atenção em certa medida, ainda há espaço para aprimoramentos no engajamento. Dentre os fatores para esses resultados pode ser a presença do pesquisador durante a avaliação, que pode ter limitado a sensação de autonomia durante a execução do experimento e a falta de elementos lúdicos durante a *gameplay* que poderiam deixar o jogador imerso.

Na dimensão de percepção de aprendizagem, 100% dos avaliadores afirmaram que os conteúdos presentes no jogo estavam relacionados à disciplina, além de indicarem que os temas tratados (pilha, fila e deque) estavam alinhados aos seus interesses. Essa percepção sugere que o modelo de interação proposto foi eficiente em contextualizar os conceitos de Estruturas de Dados por meio de elementos visuais e as mecânicas de *gameplay*, o que auxilia na compreensão dos conteúdos apresentados. Outrossim, 75% relataram que efetivamente aprenderam com a experiência interativa, demonstrando que a clareza das instruções e o fluxo de ações propostos contribuíram positivamente para a assimilação dos conceitos. Esses resultados indicam que a ferramenta apresenta mecânicas de aprendizagem simples, entretanto podem ser promissoras em quesitos de *learning design*.

As avaliações de usabilidade, cujo gráfico pode ser visualizado na Figura 3, os dados indicam recepção positiva sobre a facilidade de uso do jogo, pois 100% dos avaliadores relataram que foi fácil aprender a jogar e 75% responderam que a maioria das pessoas compreenderia rapidamente as mecânicas. Esses dados sugerem que os fluxos de navegação e os elementos de jogabilidade estavam estruturados de uma forma fácil de ser entendida, o que auxilia no engajamento dos jogadores. Esses critérios favorecem a usabilidade coerente das telas do *software*, indicando que mesmo com ressalvas sobre questões de *design*, no geral, os aspectos do jogo são positivos para os jogadores.

Apesar da boa aceitação, aspectos relacionados à identidade visual apresentaram pontos de atenção, pois 50% dos participantes discordaram da afirmação de que textos, cores e fontes estão consistentes e 50% também consideraram as fontes usadas como ilegíveis. Esses resultados ressaltam a preocupação de que fontes com baixa legibilidade impactam negativamente a acessibilidade e podem contribuir para o aumento de carga cognitiva extrínseca, podendo ser considerados como um elemento crítico de *design* caso seja mal conectado com o restante da interface. Todavia, 50% discordaram ou se mostraram neutros quanto à clareza das regras do jogo, o que se relaciona à forma como as instruções das tarefas estão apresentadas na tela, onde esses aspectos reforçam a ausência de reforços visuais que ajudam na interpretação dos objetivos do jogo.

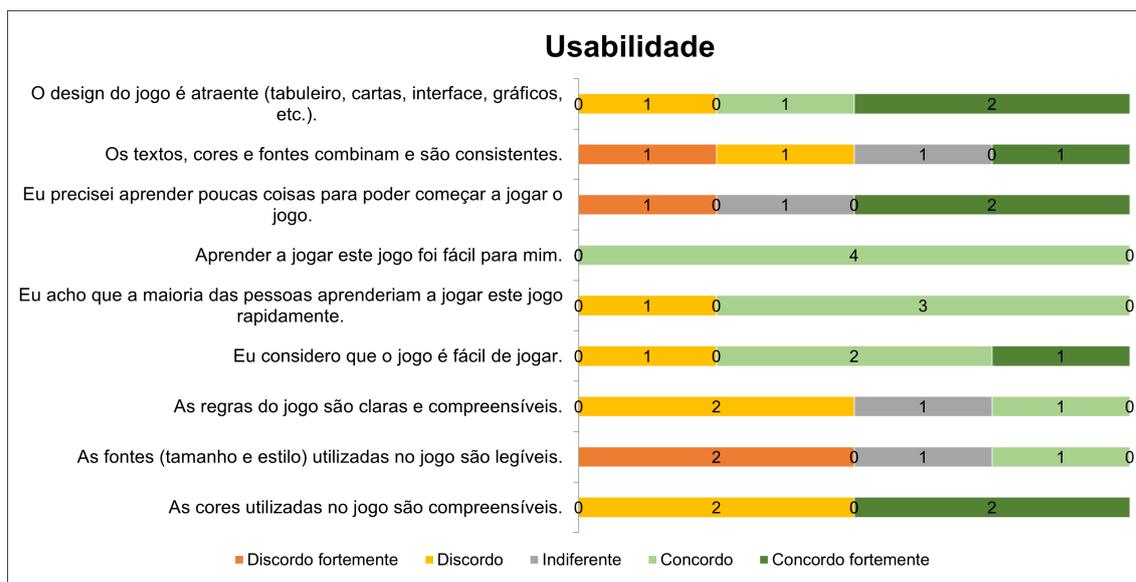


Figura 3. Resultados de usabilidade do MEEGA+.

Por fim, mesmo que o *design* tenha sido considerado atraente por 75% dos participantes, ainda há ressalvas nesse aspecto, o que pode estar relacionado à sobrecarga de elementos visuais ou à ausência de padronização gráfica das interfaces, como pop-ups em locais diferentes e a fonte utilizada no jogo. A análise geral dos dados do MEEGA+ indica que *Robohouse* pode ser promissor em aspectos de *learning design*, pois o mesmo foi bem avaliado na dimensão de aprendizagem; entretanto, em dimensões voltadas ao *design*, os resultados foram medianos, ressaltando a importância de ajustar aspectos visuais e aprimorar as interfaces.

4.2. Análise dos dados do NASA-TLX

Os resultados obtidos através do NASA-TLX indicaram uma carga cognitiva moderada durante a interação com o jogo, onde para cada uma das seis dimensões do questionário, foram calculadas as médias das respostas dos avaliadores, como pode ser visualizado na Tabela 1. A maior média obtida foi na dimensão de percepção de demanda mental (5,5), o que pode ser relacionado à complexidade dos conteúdos trabalhados no jogo, sendo necessário utilizar raciocínio lógico para entender como os conceitos de Estruturas de Dados funcionam na *gameplay*, indicando que as explicações que o jogo fornece sobre o funcionamento da pilha podem ser aprimoradas para diminuir a demanda mental.

As dimensões de demanda física (4,25) e pressão temporal (4,0) apresentaram valores inferiores, o que sugere que a aplicação de boas práticas no *design* do jogo, em que o recomendado é diminuir estímulos externos e restrições de tempo como alternativa para evitar sobrecarga cognitiva de informações desnecessárias. Ademais, as médias de esforço geral (4,75) e frustração (3,75) podem indicar que, mesmo que os participantes tenham concluído com êxito todas as tarefas do jogo, o mesmo não provocou níveis elevados de estresse ou insatisfação. Dessa forma, sobre a percepção de desempenho (5,75) demonstra que os avaliadores sentiram estar progredindo à medida que em que os obstáculos eram superados durante a *gameplay*.

Dimensão	Média
Demanda mental/perceptiva	5,5
Demanda física	4,25
Pressão temporal	4,0
Desempenho percebido	5,75
Esforço (mental e físico)	4,75
Frustração (estresse, insegurança, desânimo)	3,75

Tabela 1. Médias dos escores do NASA-TLX.

4.3. Análise de interação de *heatmaps*

Dentre os resultados coletados através das entrevistas semi-estruturadas, cujos dados podem ser vistos na Tabela 2, os participantes apontaram dificuldades em identificar os comandos do jogo como botões. Essa percepção foi relatada por 75% dos avaliadores, onde o participante 4 passou aproximadamente 130 segundos na tela para utilizar o comando “Criar Pilha”, pois não encontrava o botão para realizar essa ação, percebendo depois de um tempo considerável que o botão estava em forma de texto. Esse dado sugere que os comandos de programação para resolver os desafios (push, pop, alocar memória, etc) não estão intuitivos para o jogador, o que pode comprometer a experiência do mesmo com o jogo.

Além disso, notou-se comentários recorrentes sobre a legibilidade da fonte utilizada, tanto nos textos de explicação da história do jogo quanto nos comandos em si. Participantes P1, P3 e P4 mencionaram que o espaçamento entre caracteres é reduzido e que a fonte dificulta a leitura fluida, o que pode impactar diretamente a clareza de instruções e aumentar o esforço mental do usuário. Essa percepção se relaciona tanto com os tempos em que os jogadores passaram em telas de diálogos, ficando em média de 20 a 25 segundos nessas interfaces, como também se reflete em demandas mais altas de esforço cognitivo, como discutido na análise dos escores NASA-TLX.

A estrutura dos elementos das telas do jogo também foi apontada como um aspecto a ser aprimorado. O participante P2 destacou que os elementos do jogo poderiam ser reorganizados para seguir um fluxo natural de leitura da esquerda para a direita. Essa observação é relevante no jogo, visto que os comandos a serem utilizados estão na esquerda, e a imagem da pilha que deve ser criada pelo jogador se encontra centralizada na tela, o que dificultou o entendimento do objetivo no decorrer do jogo, pois o P1 analisou seus recursos e só depois entendeu a pilha que deveria ser criada.

Por fim, as mecânicas do jogo, em que o jogador deve criar pilhas e empilhar baterias de diferentes tipos de energia usando comandos, foram elogiadas por todos os avaliadores, pois relataram que as explicações estão claras e fáceis de serem entendidas, e o tutorial do jogo instrui bem o usuário a como utilizar os comandos e criar as pilhas necessárias. Esses dados coincidem com as avaliações de percepção de aprendizagem no formulário MEEGA+, onde esses aspectos foram avaliados positivamente.

4.4. Discussões

A combinação de métodos que envolvam MEEGA+, NASA-TLX, *heatmaps* e entrevistas permitiu compreender de forma ampla os principais problemas de usabilidade e ex-

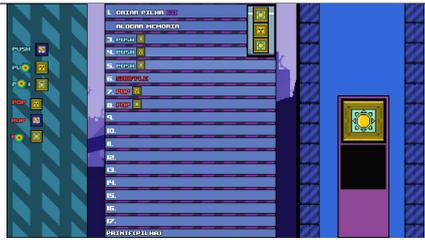
ID	Feedback	Tela
P1	<i>“O background não está combinando muito com o jogo. O fundo onde fica os comandos é diferente do fundo do meio, que é diferente do fundo do pop-up. Tem que padronizar.”</i>	
P2	<i>“Os comandos não parecem botões. Eles são da mesma fonte que o texto do jogo e isso pode confundir quem tá jogando. O certo era colocar eles em forma de botões e alinhar.”</i>	
P3	<i>“Acho que as fontes do jogo não são o ideal pro jogo. Elas são muito juntas e fica difícil de ler. Acho que é melhor trocar a fonte pra uma que permita letras em maiúsculo e minúsculo e com um espaçamento maior entre as letras.”</i>	
P4	<i>“Acho que esse feedback de vitória deveria ter mais destaque, tipo colocar ele no meio com mais destaque ao invés de lá em cima e um fundo verde. E trocar a fonte do feedback de vitória também.”</i>	

Tabela 2. Feedbacks qualitativos por participante

periência no protótipo. Os dados mostraram que o jogo apresenta desafios relacionados à orientação, organização visual, carga cognitiva e alinhamento com as expectativas de jogadores. Os principais achados do trabalho voltados a UX/UI e *design* podem ser localizados a seguir.

Marcos de referência e orientação: o jogo não apresenta uma progressão gradual entre níveis fáceis, médios e difíceis. Já no início, o tutorial traz explicações extensas que dificultam a compreensão dos objetivos. A demanda mental obtida no NASA-TLX foi elevada (média 5,5), indicando esforço cognitivo alto para entender o funcionamento do jogo. Os *heatmaps* revelaram que a tela de criação de pilha teve média de 42 segundos por participante, com taxa de erro de 96%. Na tela de alocação de memória, o tempo médio foi de 29 segundos e 88% de erros de cliques. Isso reforça que os comandos não estavam visualmente destacados, o que também foi mencionado nas entrevistas, sugerindo a necessidade de uso de cores chamativas, setas ou guias para orientar o jogador.

Frustração e carga cognitiva: a ausência de explicações claras na fase 1 e a falta de acesso a dicas durante a *gameplay* contribuíram para sentimentos de frustração. A confusão entre a pilha lateral (comandos do jogador) e a pilha do desafio (pilha embaralhada

usada no comando *shuffle*) comprometeu o entendimento. O robô inserido em partes da fase não teve contextualização, o que também foi citado como fator de confusão. A média da dimensão de frustração no NASA-TLX foi 3,75, e a de esforço foi 4,75. Apesar de moderadas, essas pontuações refletem que o excesso de instruções e a falta de orientação visual clara aumentaram a carga extrínseca. A percepção de desempenho (5,75) indica que os jogadores sentiram progresso ao longo da tarefa, mas enfrentaram obstáculos evitáveis de interface.

Organização visual e padronização: o menu e o *login* foram considerados intuitivos, mas a tela de cadastro foi descrita como extensa. Participantes relataram que os diálogos apareciam em locais diferentes e que ícones e cores repetitivos tornavam a interface enjoativa. A escolha de fundo com “grades” foi apontada como conflituosa com os comandos *push* e *pop*, dificultando a distinção entre elementos. O botão de exibição da tela de sucesso foi considerado desnecessário, pois o ideal seria o jogo apresentar esse *feedback* automaticamente. Nos *heatmaps*, houve concentração de cliques em elementos não interativos, como o local dos pedidos e a alavanca de envio.

Familiaridade e expectativas: alguns avaliadores compararam o estilo visual a jogos como *Katana Zero*³, demonstrando reconhecimento estético, mas afirmaram não ter familiaridade com jogos que envolvem lógica de pilhas. Um participante destacou sua dificuldade com a disciplina de Estrutura de Dados, sugerindo que seria útil reforçar, no início, como o jogo funciona. Embora tenham considerado a proposta criativa, as expectativas em relação à interatividade, variedade de fases e fluidez da experiência não foram totalmente atendidas. No MEEGA+, as dimensões de engajamento e motivação tiveram avaliações medianas, refletindo essa percepção. O desempenho percebido no NASA-TLX (5,75) indica que os jogadores perceberam progresso, mas elementos visuais e de fluxo de navegação prejudicaram o sentimento de avanço contínuo.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo realizar a avaliação das interfaces e a experiência do usuário em um jogo educacional que aborda conceitos de Estruturas de Dados [Miguel et al. 2025]. Foram utilizados instrumentos de avaliação padronizados, como o NASA-TLX e o MEEGA+, com a adição de métodos qualitativos, sendo entrevistas semi-estruturadas e análise de mapas de calor, permitindo uma visão ampliada dos dados coletados. Os resultados evidenciaram aspectos positivos sobre a estética do jogo e a aprendizabilidade, mas também apontaram limitações de *design* que impactam na clareza visual, como a fonte do jogo e a organização dos elementos da tela e a pouca evidência dos comandos de *push* e *pop* na programação de pilhas. Esses aspectos estiveram associados a maior esforço mental e a dificuldades de execução observadas durante a interação, indicando um nível moderado de carga cognitiva, sem que esse esforço tenha prejudicado a compreensão dos conteúdos, de acordo com os relatos dos participantes.

Como trabalhos futuros, pretende-se aplicar as melhorias apontadas neste estudo em um processo de *redesign* das interfaces, visando ao desenvolvimento de uma versão de alta fidelidade do *Robohouse* na Unity. Além disso, serão realizados novos testes com o público-alvo para uma avaliação mais ampla da usabilidade, considerando também questões de acessibilidade para diferentes perfis de usuários.

³https://store.steampowered.com/app/460950/Katana_ZERO/

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (AUXPE-CAPES-PROEX) - Código de Financiamento 001. Adicionalmente, este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM - por meio do projeto PDPG-CAPES. Também recebeu apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo 303443/2023-5).

As pessoas autoras agradecem à Universidade do Estado do Amazonas pelo apoio institucional e à PROPESP - UEA pelo suporte financeiro. Agradecemos também aos colegas do ThinkTED Lab pelas contribuições e discussões que enriqueceram este trabalho.

Referências

- [Almeida et al. 2021] Almeida, F. S., de Oliveira, P. B., and dos Reis, D. A. (2021). A importância dos jogos didáticos no processo de ensino aprendizagem: Revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 10(4):e41210414309–e41210414309.
- [Araujo and Silva 2025] Araujo, L. and Silva, A. (2025). Codebô: Design e avaliação de um puzzle game para o ensino de estrutura de dados. In *Anais do V Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 27–36, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Barbosa et al. 2023] Barbosa, H., Silva, F., Junior, M. C., and Aylon, L. (2023). Jogo educativo no ensino de estrutura de dados: aliando educação 5.0, gamificação e storytelling. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 792–803, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Bastos et al. 2023] Bastos, M., Macena, J., Bernardo, J., Melo, R., Pessoa, M., and Pires, F. (2023). Yerê e a ilha precisa: Um jogo rpg para a aprendizagem de literatura. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 925–936, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Carvalho et al. 2024] Carvalho, C., Junior, D. S., and Pereira, R. (2024). Incluir é preciso: Análise de requisitos de adaptação para o redesign de um jogo da memória. In *Anais do III Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, pages 12–24, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Csikszentmihalyi and Csikszentmihalyi 1990] Csikszentmihalyi, M. and Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*, volume 1990. Harper & Row New York.
- [da Silva Neto and Odakura 2025] da Silva Neto, M. F. and Odakura, V. V. V. A. (2025). Viral goritmos: jogo educacional para ensino e aprendizagem de algoritmos. *Anais do Computer on the Beach*, 16:317–324.
- [Duran et al. 2022] Duran, R., Zavgorodniaia, A., and Sorva, J. (2022). Cognitive load theory in computing education research: A review. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 22(4):1–27.
- [Feinberg and Murphy 2000] Feinberg, S. and Murphy, M. (2000). Applying cognitive load theory to the design of web-based instruction. In *18th annual conference on computer*

- documentation. Ipcp sigdoc 2000. Technology and teamwork. Proceedings. IEEE professional communication society international professional communication conference an*, pages 353–360. IEEE.
- [Hart and Staveland 1988] Hart, S. G. and Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (task load index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology*, volume 52, pages 139–183. Elsevier.
- [Hayashi et al. 2016] Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maïke, V. R., and Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the self-assessment manikin in the design with children. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–10.
- [Kalyuga et al. 2004] Kalyuga, S., Chandler, P., and Sweller, J. (2004). When redundant on-screen text in multimedia technical instruction can interfere with learning. *Human factors*, 46(3):567–581.
- [Klopfer et al. 2025] Klopfer, E., Haas, J., Osterweil, S., and Rosenheck, L. (2025). *Resonant games: Design principles for learning games that connect hearts, minds, and the everyday*. MIT Press.
- [Lima and Marques 2024] Lima, M. and Marques, A. B. (2024). Avaliação e melhoria da experiência do jogador em um jogo para ensino de arquitetura de software. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1442–1452, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Macena et al. 2024] Macena, J., Pires, F., Oliveira, E., and Pessoa, M. (2024). Quanto cabe na sua mochila? análise da carga cognitiva em um jogo educacional sobre complexidade algorítmica. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 923–936, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Miguel et al. 2024] Miguel, J., Honda, F., Pessoa, M., and Pires, F. (2024). Vórtex numérico: Um jogo educacional para exercitar operações básicas e pensamento computacional. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1082–1093, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Miguel et al. 2025] Miguel, J., Macena, J., Honda, F., Pires, F., and Pessoa, M. (2025). Robohouse: incorporando level e learning design na ludificação de estrutura de dados. In *Anais Estendidos do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Norman 2002] Norman, D. A. (2002). *The Design of Everyday Things*. Basic Books, Inc., USA.
- [Petri et al. 2019] Petri, G., von Wangenheim, C. G., and Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):52–81.
- [Plass et al. 2015] Plass, J. L., Homer, B. D., and Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- [Plass et al. 2020] Plass, J. L., Mayer, R. E., and Homer, B. D. (2020). *Handbook of game-based learning*. Mit Press.

- [Quintero 2024] Quintero, E. M. N. (2024). Métricas e ferramentas de usabilidade em aplicações mobile: O caso do projeto polariscope. Master's thesis, Universidade de Aveiro (Portugal).
- [Robins 2019] Robins, A. V. (2019). 12 novice programmers and introductory programming. *The Cambridge handbook of computing education research*, page 327.
- [Seyderhelm and Blackmore 2023] Seyderhelm, A. J. and Blackmore, K. L. (2023). How hard is it really? assessing game-task difficulty through real-time measures of performance and cognitive load. *Simulation & Gaming*, 54(3):294–321.
- [Sharek and Wiebe 2014] Sharek, D. and Wiebe, E. (2014). Measuring video game engagement through the cognitive and affective dimensions. *Simulation & Gaming*, 45(4-5):569–592.
- [Sweller 1994] Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4):295–312.
- [Sweller 2010] Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review*, 22(2):123–138.
- [Tondorf et al. 2024] Tondorf, D. F., da Silva Hounsell, M., and Pereira, V. A. (2024). Análise da diversão percebida em um jogo sério para matemática básica. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 22(1):330–339.
- [Torgersen and Boe 2021] Torgersen, G.-E. and Boe, O. (2021). Which tools in multimedia are best for learning outcomes? a study grounded in cognitive load structures. *Frontiers in Psychology*, 12:545335.
- [Vigotsky et al. 1987] Vigotsky, L. S. et al. (1987). Pensamento e linguagem.