

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO- ICOMP

PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI

PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos

Jeniffer Macena de Souza

Manaus - AM

Dezembro de 2025

Jeniffer Macena de Souza

PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos

Dissertação de mestrado submetido à avaliação, como requisito, para a obtenção do título de Mestre em Informática no Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Computação.

Orientadora

Elaine Harada, D.Sc.

Coorientadoras: Fernanda Gabriela de Sousa Pires, D.Sc.

Marcela Sávia Picanço Pessoa Bastos, D.Sc.

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Computação- IComp

Manaus - AM

Dezembro de 2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729p Souza, Jeniffer Macena de
PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos / Jeniffer Macena de Souza. - 2025.
226 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Elaine Harada.
Coorientador(a): Fernanda Gabriela de Sousa Pires.
Coorientador(a): Marcela Sávia Picanço Pessoa Bastos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Informática, Manaus, 2025.

1. Jogos educacionais. 2. Design de interface. 3. Carga cognitiva. 4. Aprendizagem multimídia. 5. Avaliação. I. Harada, Elaine. II. Pires, Fernanda Gabriela de Sousa. III. Bastos, Marcela Sávia Picanço Pessoa. IV. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Informática. V. Título

---

Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Informática

FOLHA DE APROVAÇÃO

"PEACH: UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE INTERFACES DE JOGOS EDUCACIONAIS BASEADO EM PRINCÍPIOS COGNITIVOS"

JENIFFER MACENA DE SOUZA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:

Prof.ª Dr.ª Elaine Harada - **Presidente**

Prof.ª Dr.ª Taciana Pontual Falcão - **Membro Externo**

Prof. Dr. João Henrique Berssanette - **Membro Externo**

Manaus, 18 de dezembro de 2025.

Documento assinado eletronicamente por **Elaine Harada**, **Professor do Magistério Superior**, em 07/01/2026, às 11:38, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Taciana Pontual da Rocha Falcão**, **Usuário Externo**, em 08/01/2026, às 08:44, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2963232** e o código CRC **9A6A24DF**.

Dedico à minha família e ao ThinkTEd Lab.

Agradecimentos

Se você está lendo esta seção, saiba que um sonho foi realizado e eu não estive sozinha. Reconheço que esta é uma das partes mais desafiadoras para mim, pois envolve lembrar de cada pessoa e tentar colocar em palavras o quanto sou grata. Talvez faltem palavras, mas farei o possível para mostrar meus sinceros agradecimentos. Há dez anos eu não poderia imaginar que estaria aqui, concluindo o mestrado, ainda mais na área de Informática, o que por si só já me enche de alegria.

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder força e saúde para chegar até aqui e por me guiar em todos os caminhos da vida. Em seguida, agradeço à minha **família**, em especial aos meus queridos avós: minha amada avó Mildrey e aos que hoje descansam em paz, André, Zena e José Amazonas. Agradeço também aos meus pais, Zenilton Bentes e Milena Macena, que sempre foram minha base e meu porto seguro. Mesmo diante das dificuldades, nunca mediram esforços para me oferecer amor, cuidado e apoio incondicional. Cada conquista minha carrega um pouco da dedicação e do sacrifício de vocês, e este mestrado também pertence a vocês. Agradeço aos meus irmãos Zenilton Junior, Mateus José e Samuel Nilton por estarem presentes em todos os momentos da vida, seja para uma noite de hambúrguer, pizza ou uma partida de dama, porque não somos de ferro (rs). Ao meu tio Milton, registro meu carinho pela dedicação em diversos momentos, desde o apoio no vestibular até o espaço para estudar para a prova do mestrado. Dedico também meu agradecimento a Elisa, Milena, Laurinha e Jennifer.

Não posso deixar de agradecer ao meu amor, Fabrizio Honda, por ser meu amigo, meu companheiro e um pilar tão importante na minha vida. Ele me apoiou em

todos os meus planos, seja para estudar ou até para me ajudar a manter o foco (ele sabe bem o quão difícil foi, diante de um possível *TDAH*). Entramos juntos no mestrado e estamos finalizando juntos, com um sentimento sempre recíproco, até mesmo nas noites e feriados que sacrificamos para terminar os artigos com *deadlines* apertadas ou escrita da quali/dissertação. Foi uma das pessoas que mais me incentivou a seguir o meu coração, e sou eternamente grata. Te amo muito, Fabrizio! Você é meu *tchan*!!

Sou igualmente grata pelo apoio da família Honda, que sem dúvidas me deu suporte em muitos momentos, dos dias mais nublados aos dias mais leves. Quantas vezes ouvi a Dona Magali ou a Dona Márcia dizendo "minha filha, você não quer jantar?" ou "vocês não vão dormir?", nos lembrando de que uma pausa de vez em quando também é necessária.

Em especial, gostaria de agradecer às minhas **orientadoras**, que seguraram minha mão e não soltaram em nenhum momento; eu realmente não poderia ter escolhido melhor. Seguindo uma linha cronológica: começo pela Profa. Fernanda, que desde a graduação me dizia coisas como "Sabe, Jenny, existe uma teoria que...", e isso abriu janelas que me fizeram ficar fascinada por áreas da neurociência, da computação e por tudo que me fez crescer como pesquisadora. Ela não me dizia o que eu queria ouvir, mas sim o que eu precisava ouvir. Profa., a senhora é, definitivamente, uma das minhas inspirações para a vida! À Profa. Marcela, a primeira Doutora em Gamificação, do norte!! Uma mulher forte e muito empoderada, inteligente, uma referência de Pessoa (foi mais forte que eu, profa hehe), grande inspiração, agradeço por sua força, inteligência e por todo o suporte, inclusive antes mesmo do processo seletivo do mestrado. Por meio delas, conheci a Profa. Elaine, uma pessoa muito inteligente e elegante, por quem tenho enorme gratidão. Sou imensamente grata por todos os cafés, pelas conversas e pelas orientações. Ela me ouviu falar (na velocidade 2x) sobre jogos e carga cognitiva várias vezes, sempre com muita tranquilidade, sensibilidade e compreensão. Sou muito feliz por conhecer e ter aprendido com mulheres tão empoderadas!

Aos amigos e colegas que fizeram parte da minha trajetória por meio do **Think-TEd Lab**, deixo minha sincera gratidão. Ingressar no grupo ainda na graduação foi uma das melhores decisões que tomei. Ali criei meus primeiros jogos, desenvolvi meu

primeiro site, criei meus *designs* e participei de eventos e atividades essenciais para o meu crescimento profissional e acadêmico. Agradeço a todos que contribuíram nessa jornada, nos eventos, viradões, cafés e grupos de estudo. Com carinho especial, agradeço a: Raquel Lais, Giovanna Melo, Cleidiana Alves, João Bernardo, Rafaela Melo, Lucas Araújo, Douglas Melo, Larissa Pessoa, Cristiana Pedrosa, Carlos Duarte, Flávia Lima, Julya Campos, Isabela Amora, Jean Miguel, Airton Filho, Alexander Emerson, Davi Aguiar, Endrenrique Soares, Eduarda Portes, Henrique Furtado, Higor Neves, José Brito, Lucas Teixeira, Lucas Trovão, Márcia Sampaio, Isabela Cunha, Victor Braga, Waldecir Martins, Manuela Bastos, Tiago Farias, Ícaro Benarrós, Handryo Laudinei, Samira Farias, Defala Alves, Valdenei Junior e Oswaldo Viana. E estendo também minha gratidão a todos os membros que já passaram pelo ThinkTEd, cada um deixando um pouco de si e ajudando a tornar o grupo esse espaço tão querido na minha jornada.

Agradeço também à Universidade Federal do Amazonas e ao Instituto de Computação (**IComp**), pela excelência do corpo docente, pela oportunidade de realizar um mestrado em Informática em um programa de pós-graduação avaliado com nota 6 pela CAPES, o que ampliou minhas perspectivas acadêmicas, e pelo acesso aos laboratórios, que foi essencial para que eu pudesse estudar para as disciplinas e desenvolver este trabalho.

Agradeço ainda ao Laboratório **NEXUS**, representado pelas professoras Fernanda Pires e Marcela Pessoa, e pelo Prof. Rodrigo Choji, em parceria com o ThinkTEd Lab, pela infraestrutura proporcionada ao longo do percurso. Mesmo antes de possuir um espaço próprio, quando ainda caminhávamos pelos corredores da UEA, o laboratório já possibilitava projetos e atividades fundamentais para minha formação, inclusive com apoio financeiro em iniciativas de pesquisa e desenvolvimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (AUXPE-CAPES-**PROEX**) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, por meio do projeto PDPG-CAPES, agradeço pelo financiamento da pesquisa, que possibilitou minha participação em eventos, defesa de artigos e enriquecimento da minha formação acadêmica, além de me proporcionar a oportunidade de conhecer pessoas incríveis ao longo desse percurso.

Sou grata também aos **membros da banca avaliadora**, Profa. Dra. Taciana Pontual e Prof. Dr. João Henrique Berssanette, pela disponibilidade, pelos comentários valiosos e pela contribuição essencial para o aprimoramento deste trabalho. São profissionais que admiro profundamente e cuja participação tornou este processo ainda mais significativo para mim.

Agradeço ainda aos meus amigos do *Sushitsu*, do *SoloCore* e às amigas do Ensino Médio, que me acompanharam e torceram por mim, cada um contribuindo à sua maneira para que essa jornada fosse mais leve. A presença, as conversas e o incentivo de sempre fizeram toda a diferença ao longo deste processo.

Por fim, deixo aqui meu carinho aos meus pets: Luluzinha, Mirna, Charlie, Hero e CRP. E uma homenagem especial ao querido *Snoop*, que esteve comigo em parte desta jornada. Obrigada por tornarem meus dias mais leves e felizes.

"Todos os nossos sonhos podem se tornar realidade se tivermos a coragem de persegui-los".

Peter Pan

PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos

Autora: Jeniffer Macena de Souza
Orientadora Elaine Harada, D.Sc.
Coorientadoras: Fernanda Gabriela de Sousa Pires, D.Sc.
Marcela Sávia Picanço Pessoa Bastos, D.Sc.

Resumo

Os jogos educacionais têm se consolidado como ferramentas relevantes de apoio à aprendizagem de conteúdos, ao integrarem elementos cognitivos, afetivos, comportamentais e socioculturais. No entanto, sua avaliação ainda enfrenta desafios, especialmente quanto à identificação de aspectos que podem gerar sobrecarga cognitiva durante a interação. Diante disso, esta dissertação propõe o PEACH (*Prototype Evaluation Analysis for Cognitive Heuristics*), um modelo voltado à avaliação de interfaces de jogos educacionais em fases de prototipagem. O modelo contempla três dimensões: *game design* educacional, aprendizagem multimídia e *design* de interface, sendo fundamentado na Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), além de diretrizes de *design* de interação. A pesquisa adotou a metodologia *Design Science Research* (DSR), que foi estruturada em quatro etapas: (i) o mapeamento sistemático da literatura ressaltou a predominância de avaliações realizadas ao final do desenvolvimento, principalmente por meio de questionários de autorrelato como o NASA-TLX. Também identificou quatro tipos de medidas aplicadas na literatura: subjetivas, voltadas à percepção do esforço mental; comportamentais, que registram interações como tempo de resposta e frequência de erros; de desempenho, que verificam acertos, progressão e

taxa de abandono; e fisiológicas, que analisam sinais como dilatação pupilar, frequência cardíaca e atividade cerebral. Esses achados mostram que, embora exista diversidade de métodos, há pouca integração entre eles e pouca relação direta com elementos de *game design* e de interface; (ii) a partir desses achados, elaborou-se e validou-se um instrumento fundamentado na TCAM para verificar a organização visual e textual das interfaces; (iii) a análise de *Educational Game Design Documents* (EGDDs) de dois jogos e a validação com especialistas consolidaram as dimensões de *game design* e de *design* de interação, com ajustes de itens, padronização de escala e inclusão de campo para evidências visuais. Parte desses resultados já foi divulgada em publicações científicas que analisaram como as decisões de *design* podem afetar a compreensão e a experiência dos jogadores. Além da construção e validação conceitual, (iv) o modelo foi aplicado em três jogos educacionais. As avaliações indicaram problemas recorrentes, como redundâncias verbal–visuais usadas, por exemplo, sem considerar objetivos de acessibilidade ou reforço cognitivo, organização inadequada de informações, incoerências de progressão, falta de clareza em tutoriais e pontos de interação associados a maior esforço cognitivo. As respostas do formulário foram analisadas quantitativamente, com cálculo de *scores* por item, medidas por dimensão e geração de *dashboards* por jogo, o que facilitou a visualização do desempenho em cada dimensão do PEACH e a localização desses problemas nas interfaces. As entrevistas semiestruturadas com desenvolvedores contribuíram para ajustes nos critérios do modelo e para compreender como ele é utilizado no processo de prototipagem dos jogos educacionais. Em suma, os resultados mostram que o PEACH pode apoiar revisões de *design* ainda na fase de prototipagem e, em trabalhos futuros, ser combinado com abordagens de análise de dados da aprendizagem em jogos educacionais digitais.

Palavras-chave: jogos educacionais; design de interface; carga cognitiva; aprendizagem multimídia; avaliação;

PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos

Autora: Jeniffer Macena de Souza
Orientadora Elaine Harada, D.Sc.
Coorientadoras: Fernanda Gabriela de Sousa Pires, D.Sc.
Marcela Sávia Picanço Pessoa Bastos, D.Sc.

Abstract

Educational games have become relevant tools for supporting the learning of subject-matter content by integrating cognitive, affective, behavioral, and sociocultural elements. However, their evaluation still faces challenges, particularly in identifying aspects that may generate cognitive overload during interaction. In this context, this dissertation proposes PEACH (*Prototype Evaluation Analysis for Cognitive Heuristics*), a model designed to evaluate the interfaces of educational games during their prototyping phases. The model comprises three dimensions: educational *game design*, multimedia learning, and interface *design*, and is grounded in Cognitive Load Theory (CLT), the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), and interaction design guidelines. The research adopted the *Design Science Research* (DSR) methodology, which was structured in four stages: (i) a systematic literature mapping highlighted the predominance of evaluations conducted at the end of development, mainly through self-report questionnaires such as NASA-TLX. It also identified four types of measures reported in the literature: subjective measures, focused on the perception of mental effort; behavioral measures, which record interactions such as response time and error frequency; performance measures, which verify accuracy, progression, and dropout rate; and physiological measures, which analyze signals such as pupil dilation, heart rate, and brain

activity. These findings show that, although there is a diversity of methods, there is little integration among them and little direct relationship with *game design* and interface elements; (ii) based on these findings, an instrument grounded in CTML was developed and validated to examine the visual and textual organization of interfaces; (iii) the analysis of *Educational Game Design Documents* (EGDDs) from two games and validation with experts consolidated the dimensions of *game design* and interaction *design*, with item refinements, scale standardization, and the inclusion of a field for visual evidence. Part of these results has already been published in scientific papers that examine how *design* decisions can affect players' understanding and experience. In addition to the construction and conceptual validation, (iv) the model was applied to three educational games. The evaluations revealed recurring issues, including the use of verbal–visual redundancies without consideration of accessibility goals or cognitive reinforcement, inadequate information organization, inconsistencies in progression, unclear tutorials, and interaction points that require greater cognitive effort. The questionnaire responses were analyzed quantitatively, with the calculation of *scores* by item, measures by dimension, and the generation of per-game *dashboards*, which facilitated the visualization of performance in each PEACH dimension and the localization of these issues in the interfaces. Semi-structured interviews with developers contributed to refining the model's criteria and to understanding how it is used in the prototyping process of educational games. In summary, the results show that PEACH can support *design* revisions still in the prototyping phase and, in future work, be combined with approaches to learning analytics in digital educational games.

Keywords: educational games; interface design; cognitive load; multimedia learning; evaluation;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do DSR no projeto, adaptado de (Hevner, 2007) 32
Figura 2 – Relação entre capítulos, objetivos e questões de pesquisa. 34
Figura 3 – Esquemas de aprendizagem multimídia. Fonte: adaptado de (MAYER, 2005). 45
Figura 4 – Etapas de seleção das publicações nas três bibliotecas digitais. 55
Figura 5 – Ocorrências de Ferramentas de Avaliação da Carga Cognitiva. 57
Figura 6 – Distribuição das variáveis visuais e de navegação identificadas nos estudos analisados. 66
Figura 7 – Etapas da criação do instrumento de avaliação baseado na TCAM. . 75
Figura 8 – Triangulação de fontes para consolidar o instrumento baseado na TCAM. 76
Figura 9 – Etapas da metodologia utilizada para o desenvolvimento e validação do modelo. Fonte: Elaborada pela autora. 98
Figura 10 – Triangulação de fontes para consolidar o instrumento de avaliação de *Game Design* e *UX/UI*. 98
Figura 11 – Ambiente com especialista avaliando questionário. 112
Figura 12 – Etapas da metodologia utilizada para validação do modelo. Fonte: Elaborada pela autora. 119
Figura 13 – Triangulação de fontes para consolidar e avaliar o PEACH. 120
Figura 14 – Fluxo de aplicação do modelo PEACH. Fonte: Elaborado pela autora. 126
Figura 15 – Tela do jogo *Dungeons & Diabetes*, avaliada pelo participante. 132
Figura 16 – Tela de interação com o Boneco Vendedor. 132

Figura 17 – Tela utilizada pelo avaliador para exemplificar a ausência de destaque das ações principais. 135
Figura 18 – Tela do jogo *Robohouse*, avaliada pelo participante. 136
Figura 19 – Tela do jogo *Enigma Pirata*, avaliada pelo participante. 138
Figura 20 – Exemplos das telas mencionadas na avaliação, evidenciando a relação pouco evidente entre a pista textual e o desafio de conjuntos. 139
Figura 21 – Estrutura e componentes do modelo PEACH de acordo com as contribuições das pesquisas realizadas. 154
Figura 22 – Interface inicial da proposta digital baseada no modelo PEACH. . . . 155
Figura 23 – Exemplos de itens avaliativos baseados no modelo PEACH. 156
Figura 24 – Exemplo de relatório geral baseado no modelo PEACH. 157
Figura 25 – Sugestões automáticas geradas a partir dos critérios do modelo PEACH. 157
Figura 26 – Exemplos da interface do jogo *Hello Food*. 187
Figura 27 – Exemplos de telas do jogo *CandyFactory*. 189
Figura 28 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Dungeons & Diabetes*. 204
Figura 29 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Dungeons & Diabetes*. 204
Figura 30 – Medianas por critério na dimensão UX/UI para o jogo *Dungeons & Diabetes*. 205
Figura 31 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Robohouse*. 209
Figura 32 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Robohouse*. 210
Figura 33 – Medianas por critério na dimensão UX/UI para o jogo *Robohouse*. . . 210
Figura 34 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Enigma Pirata*. 214
Figura 35 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Enigma Pirata*. 215

Figura 36 – Medianas por critério na dimensão UX/UI Design para o jogo *Enigma Pirata*. 215
Figura 37 – Tela inicial da plataforma PEACH, exibindo o botão para iniciar uma nova avaliação. 221
Figura 38 – Seleção das dimensões avaliativas que compõem o relatório PEACH. 221
Figura 39 – Tela de avaliação dos itens. Cada princípio apresenta escalas de 1 a 5, campo para observações e indicação da aplicabilidade ao jogo. 222
Figura 40 – Relatório Geral gerado após a conclusão da avaliação. Inclui pontuação consolidada, progresso, aspectos positivos, problemas e gráficos de distribuição. 223
Figura 41 – Tela de Pontos de Revisão, apresentando sugestões automáticas, itens problemáticos e itens bem avaliados. 224
Figura 42 – Tela de Comentários da avaliação. 224
Figura 43 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para Aprendizagem Multimídia. 225
Figura 44 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para Game Design Educacional. 226
Figura 45 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para UX/UI Design. 226

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais elementos presentes em jogos. 39
Tabela 2 – Relação entre elementos de jogo, design de interface e carga cognitiva 65
Tabela 3 – Limitações metodológicas identificadas nos estudos revisados. 72
Tabela 4 – Princípios da TCAM (MAYER, 2009). 78
Tabela 5 – Fatores avaliados nos trabalhos revisados sobre jogos educacionais digitais. 80
Tabela 6 – Princípios da TCAM aplicados em jogos educacionais (com exemplos). 83
Tabela 7 – Questionário baseado nos princípios da Aprendizagem Multimídia. 84
Tabela 8 – Critérios de Seleção dos Participantes 88
Tabela 9 – Avaliação dos itens pelos especialistas e decisões tomadas. 90
Tabela 10 – Segunda rodada de avaliação de conteúdo: comentários e decisões adotadas. 92
Tabela 11 – Critérios contemplados pelos modelos selecionados 100
Tabela 12 – Objetivo segundo o paradigma GQM. 103
Tabela 13 – Categorias e definições da dimensão *Game Design* educacional. 104
Tabela 14 – Categorias e definições da Dimensão *UX/UI Design*. 105
Tabela 15 – Categorias e métricas — Dimensão *Game Design* educacional. 106
Tabela 16 – Dimensões de UX/UI, métricas, aspectos observados e fontes. 110
Tabela 17 – Avaliação dos itens de Game Design 113
Tabela 18 – Comentários dos Avaliadores sobre itens da dimensão Game Design 114
Tabela 19 – Avaliação dos itens de UX/UI 114

Tabela 20 – Características dos jogos selecionados para avaliação com o modelo PEACH. 122
Tabela 21 – Critérios consolidados do modelo PEACH, organizados por dimensão. 125
Tabela 22 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Dungeons & Diabetes*. . . . 134
Tabela 23 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Robohouse*. 137
Tabela 24 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Enigma Pirata*. 140
Tabela 25 – Falas selecionadas dos participantes organizadas por tema de análise. 148
Tabela 26 – Lista de publicações associadas. 158
Tabela 27 – Lista de Artigos sobre Carga Cognitiva em Jogos. 180
Tabela 28 – Relação com aprendizagem 187
Tabela 29 – Princípios da TCAM — Categorias, Perguntas e Avaliação. 190
Tabela 30 – Categorias — Dimensão *Game Design* educacional. 194
Tabela 31 – Dimensão *UX/UI Design* — Categorias, perguntas e medidas de avaliação. 201
Tabela 32 – Categorias analisadas e síntese da percepção do avaliador. 206
Tabela 33 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Dungeons & Diabetes*. . . . 207
Tabela 34 – Itens com nota adequada no jogo *Dungeons & Diabetes*. 208
Tabela 35 – Resumo das respostas selecionadas pelo avaliador. 208
Tabela 36 – Medianas por dimensão — *Robohouse*. 211
Tabela 37 – Categorias analisadas e síntese da percepção do avaliador. 211
Tabela 38 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Robohouse*. 212
Tabela 39 – Itens com nota adequada nota igual ou superior a 4 no jogo *Robohouse*. 213
Tabela 40 – Resumo das respostas de múltipla escolha selecionadas pelo avaliador. 213
Tabela 41 – Medianas por dimensão – *Enigma Pirata*. 215
Tabela 42 – Categorias analisadas e síntese do avaliador. 216
Tabela 43 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Enigma Pirata*. 217
Tabela 44 – Itens avaliados com nota igual ou superior a 4 no jogo *Enigma Pirata*. 219

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHJED *Avaliação Heurística de Jogos Educacionais Digitais*

CASTLE *Cognitive-Affective-Social Theory of Learning in Digital Environments*

CATLM *Cognitive-Affective Theory of Learning with Media*

CLS *Cognitive Load Scale*

CTMA *Cognitive Theory of Multimedia Assessment*

DSR *Design Science Research*

EDA *Atividade Eletrodérmica*

EDUGXQ *EduGame UX Questionnaire*

EEG *Eletroencefalograma*

EGDD *Educational Game Design Document*

fNIRS *Espectroscopia no infravermelho próximo*

GDD *Game Design Document*

GLA *Game Learning Analytics*

GQM *Goal-Question-Metric*

GUESS *Game User Experience Satisfaction Scale*

HEDED *Heurísticas para Design de Jogos Educacionais Digitais*

HRV *Variabilidade da Frequência Cardíaca*

HUD *Heads-up Display*

LORI *Learning Object Review Instrument*

MEEGA+ *Model for Evaluation of Educational Games*

PEACH *Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*

PHEG *Playability Heuristics for Educational Games*

TADD *Temporal Action Density Decay*

TCAM *Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimidía*

TCC *A Teoria da Carga Cognitiva*

TCD *Teoria da Codificação Dupla*

UI *User Interface*

UX *User Experience*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 25
1.1 Questões de pesquisa 30
1.2 Objetivos 31
1.2.1 Objetivo geral 31
1.2.2 Objetivos específicos 31
1.3 Metodologia 32
1.4 Organização 36

2 JOGOS EDUCACIONAIS, AVALIAÇÃO, INTERFACES E COGNIÇÃO HUMANA 37
2.1 *Game design* educacional 37
2.2 Carga cognitiva em jogos 39
2.3 Aprendizagem multimídia em jogos 43
2.4 Avaliação de jogos educacionais 47

3 AVALIAÇÃO DO DESIGN DE INTERAÇÃO E CARGA COGNITIVA 51
3.1 Metodologia 52
3.1.1 Questões de Pesquisa 52
3.1.2 String de Busca 52
3.1.3 Critério de seleção de artigos 53
3.1.4 Planejamento e Estratégia de condução da pesquisa 54
3.2 Resultados e discussões 56
3.2.1 *Como as cargas cognitivas em jogos educacionais são avaliadas? (QP1)* 56

3.2.2 *Como a relação entre os elementos de jogos, carga cognitiva e design de interface é avaliada? (QP2)* . . . 63
3.2.3 *Quais as evidências entre os elementos presentes na interface do jogo que relacionam a jogabilidade com o design visual? (QP3)* 64
3.2.4 Discussões . . . 69

4 AVALIANDO INTERFACES DE JOGOS EDUCACIONAIS COM BASE NA TCAM . . . 74
4.1 Planejamento . . . 75
4.2 Desenvolvimento do Instrumento . . . 76
4.2.1 Análise dos princípios da TCAM . . . 77
4.2.2 Levantamento bibliográfico . . . 79
4.2.3 Definição de métricas . . . 81
4.2.4 A proposta do instrumento . . . 82
4.3 Ajustes e validação . . . 87
4.3.1 Seleção de participantes . . . 88
4.4 Resultados preliminares e Discussões: avaliação da proposta da TCAM . . . 89
4.4.1 Avaliação de conteúdo com especialistas . . . 89
4.4.2 Refinamento do instrumento após a validação inicial . . . 91
4.4.3 Discussão dos achados e contribuições . . . 93

5 AVALIAÇÃO DE JOGOS BASEADA EM ITENS DE *GAME DESIGN* E UX/UI . . . 96
5.1 Planejamento . . . 98
5.1.1 Levantamento bibliográfico . . . 99
5.1.2 Análise documental . . . 101
5.1.3 Definição de métricas e categorias . . . 102
5.2 Desenvolvimento da Proposta . . . 104
5.2.1 Métricas de *Game Design* Educacional . . . 106
5.2.2 Métricas de *UX/UI Design* . . . 109

5.3 Validação de Conteúdo . . . 111
5.4 Análise de Dados . . . 111
5.5 Resultados e discussões . . . 112
5.5.1 Análise da dimensão *Game Design* . . . 113
5.5.2 Análise da dimensão UX/UI Design . . . 114
5.6 Contribuições da pesquisa . . . 115

6 USANDO O PEACH NA PRÁTICA . . . 118
6.1 Planejamento . . . 120
6.1.1 Jogos selecionados para avaliação . . . 121
6.1.2 Apoio do modelo PEACH na avaliação . . . 123
6.2 Coleta de Dados . . . 126
6.2.1 Avaliando jogos educacionais usando o PEACH . . . 127
6.2.2 Entrevistas semiestruturadas com desenvolvedores . . . 129
6.2.3 Tratamento dos dados . . . 129
6.3 Resultados e Discussões . . . 131
6.3.1 Análises da aplicação prática do PEACH nos jogos . . . 131
6.3.1.1 Análise do jogo “Dungeons & Diabetes” . . . 131
6.3.1.2 Análise do jogo “RoboHouse” . . . 134
6.3.1.3 Análise do jogo “Enigma Pirata” . . . 137
6.3.1.4 Comparação entre os jogos avaliados . . . 142
6.3.1.5 Recomendações geradas pelo PEACH . . . 144
6.3.2 Análise das entrevistas com os desenvolvedores . . . 145
6.3.3 Discussão dos achados da avaliação . . . 148

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . 151
7.1 Principais achados . . . 151
7.2 O modelo PEACH . . . 153
7.2.1 Evolução do Modelo PEACH: da aplicação manual à proposta digital . . . 154
7.3 Trabalhos Publicados . . . 158

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 159
8.1 Contribuições da pesquisa 160
8.2 Ameaças a validade – Limitações 163
8.3 Trabalhos Futuros 164

Referências 166

APÊNDICE A ARTIGOS INCLUÍDOS NA MSL 180

APÊNDICE B ELEMENTOS DO *EGDD* DO JOGO *HELLO FOOD* 186
B.1 Game Design 186
B.2 Interface do jogo 187

APÊNDICE C ELEMENTOS DO GDD DO JOGO *CANDYFACTORY* 188

APÊNDICE D MODELO PEACH 190
D.1 Dimensão Aprendizagem Multimídia 190
D.2 Dimensão Game Design Educacional 194
D.3 Dimensão UX/UI *Design* 201

APÊNDICE E RELATÓRIOS DO PEACH 203
E.1 Relatório do jogo *Dungeons & Diabetes* 203
E.2 Relatório do jogo *Robohouse* 208
E.3 Relatório do jogo *Enigma Pirata* 213
E.3.1 3. Categorias analisadas e síntese do avaliador 216

APÊNDICE F TELAS DO SOFTWARE DO PEACH 220

1

INTRODUÇÃO

O uso de jogos na educação é um tema amplamente estudado devido aos seus benefícios em abordar conteúdos pedagógicos de forma lúdica, aumentando a motivação e o engajamento dos estudantes (YU; GAO; WANG, 2021; PLASS; HOMER; KINZER, 2015). Nesse sentido, jogos educacionais são artefatos projetados com propósito instrucional, nos quais a estrutura do jogo é empregada para representar, praticar e avaliar conteúdos e competências curriculares (GEE, 2003; PLASS; MAYER; HOMER, 2020). Uma das principais vantagens está na flexibilidade para alinhar esses conteúdos ao próprio *design* do jogo, por meio de elementos como mecânicas, desafios, *feedback*, narrativa e progressão (GEE, 2003; PLASS; MAYER; HOMER, 2020).

No entanto, a criação de jogos educacionais é um processo complexo, pois envolve aspectos como:

- **Equilíbrio entre diversão e aprendizagem:** criar jogos que considerem conteúdos educacionais exige dos desenvolvedores criatividade para balancear os aspectos de diversão com a aprendizagem (PIRES et al., 2020; DIMITRIADOU et al., 2021), seja por meio de elementos implícitos ou explícitos para manter o jogador imerso no contexto do jogo (NATUCCI; BORGES, 2021). Esse equilíbrio, no entanto, não é simples;

- **Interdisciplinaridade:** jogos envolvem diferentes áreas do conhecimento, abrangendo conteúdos pedagógicos, aspectos artísticos, elementos de engenharia e regras que incentivem o engajamento do jogador (BATTISTELLA; WANGENHEIM;

FERNANDES, 2014; LAINE; LINDBERG, 2020), o que pode representar um desafio para os *game designers*, já que nem sempre possuem familiaridade com todos esses campos.

- **Ausência de equipes multidisciplinares:** no contexto brasileiro, 70% dos jogos educacionais são concebidos em universidades (OLIVEIRA et al., 2019), principalmente por educadores e estudantes. Como o desenvolvimento de jogos demanda um trabalho interdisciplinar, a falta de equipes multidisciplinares leva os envolvidos a acumular funções, como programação, escrita de roteiros, criação de elementos visuais e montagem de fases, o que pode tornar o processo mais demorado e desafiador (FREEMAN; MCNEESE, 2019; SANTANA et al., 2024).

Além das dificuldades na construção de jogos educacionais, sua avaliação, de modo geral, apresenta desafios, tais como: (i) o uso frequente de abordagens *ad hoc* que utilizam instrumentos elaborados para contextos específicos, dificultando a reprodutibilidade, a comparação entre estudos e o desenvolvimento de métodos avaliativos sistemáticos (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019; GOMEZ; RUIPÉREZ-VALIENTE; CLEMENTE, 2022); (ii) os dados de *feedbacks* coletados nem sempre fornecem informações precisas e úteis para apoiar melhorias no *game design* (GOMEZ; RUIPÉREZ-VALIENTE; CLEMENTE, 2022); (iii) o método de avaliação mais comum é a aplicação de questionários (SILVA et al., 2021), especialmente aqueles que consideram apenas a percepção do jogador (KIRKPATRICK; KIRKPATRICK, 2006), apresentando uma perspectiva importante, mas restrita; (iv) frequentemente, os jogos são avaliados após sua implementação (ALONSO-FERNANDEZ et al., 2017), resultando em altos custos de desenvolvimento e limitando a possibilidade de ajustes antes da entrega final; e (v) além da usabilidade e da experiência do jogador (FELIX et al., 2020), é necessário avaliar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados, um processo que não é trivial (BARBERO; BONSANGUE; HERMANS, 2023; FREIRE et al., 2016).

A avaliação de jogos educacionais deve considerar, sobretudo, as necessidades e dificuldades de aprendizagem incorporadas ao *game design* (SHUTE; SUN, 2020). Tais elementos se materializam na interface, que organiza como as informações e ações do jogo se tornam acessíveis ao jogador, constituindo o canal de percepção e interação

entre ele e o sistema. Logo, examinar como esses elementos se manifestam na interface permite verificar se os objetivos educacionais são efetivamente comunicados e identificar barreiras à aprendizagem (HODENT, 2017), especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento e prototipação, quando ajustes são mais viáveis (BARBOSA et al., 2021).

O *design* de interfaces não se limita à estética, mas envolve aspectos cognitivos, pois representam uma abstração do tema que se busca promover na aprendizagem (PLASS; MAYER; HOMER, 2020). É pela interface que os elementos que orientam a navegação, a execução das tarefas e a interação do jogador com o conteúdo são organizados (HODENT, 2017; KELLERMANN; FRANCO, 2023). Uma interface mal estruturada pode exigir atenção excessiva para a localização de informações, a interpretação de comandos ou a compreensão de objetivos, desviando o foco do conteúdo principal. Além disso, interfaces mal projetadas podem gerar confusão, aumentar a carga cognitiva extrínseca e comprometer o engajamento dos estudantes (DAS et al., 2024).

Portanto, ao construir interfaces, é fundamental considerar a quantidade, a localização e a sequência dos elementos apresentados na tela, pois, quando há excesso, a atenção do jogador tende a se dispersar, prejudicando o processamento das informações mais relevantes. Isso é necessário, uma vez que os seres humanos possuem uma capacidade limitada de memória de trabalho, que varia em média entre 7 ± 2 unidades de informação (*chunks*) (MILLER, 1956). Quando essa capacidade é excedida, por exemplo, com a presença de muitos elementos na tela, pode ocorrer uma sobrecarga cognitiva, dificultando a atenção sustentada e o desempenho nas tarefas (SCHWARTZ et al., 1991).

Dessa forma, jogos podem exigir que o jogador processe muitas informações, dependendo de como estão distribuídas na interface. Quando essas demandas se somam à necessidade de interagir com múltiplos elementos para favorecer a aprendizagem, torna-se fundamental considerar o esforço mental envolvido, como propõe a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998). Essa teoria baseia-se na premissa de que a memória de trabalho humana possui capacidade limitada para processar e armazenar informações simultaneamente (MILLER, 1956; SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998). Dessa forma, o aprendizado pode ocorrer de maneira

mais eficiente quando os conteúdos são apresentados de modo a minimizar a carga extrínseca e otimizar o uso dos recursos mentais disponíveis (PAAS; RENKL; SWELLER, 2003). No contexto da avaliação, a TCC permite identificar se o esforço exigido pelas tarefas, instruções ou organização da atividade está sobrecarregando a capacidade de processamento do jogador, o que pode interferir diretamente no desempenho e na aprendizagem (SEVCENKO et al., 2021).

Entretanto, a TCC apresenta algumas limitações: (i) a medição da carga cognitiva geralmente ocorre após o jogo estar finalizado (SHAREK; WIEBE, 2014; SEVCENKO et al., 2021), pois as abordagens baseadas na teoria buscam avaliar o esforço mental gerado pelo aprendiz durante a execução das tarefas, e os instrumentos mais utilizados, como questionários, são tipicamente aplicados ao término da atividade para evitar interrupções na jogabilidade. Embora essas medidas sejam úteis para captar a autopercepção do esforço mental (KLEPSCH; SEUFERT, 2020), elas dificultam a identificação precisa de quais elementos do jogo contribuíram para esse esforço. Isso dificulta a realização de ajustes, pelo custo operacional, já que mudanças em elementos no *game design*, como mecânicas, narrativa e progressão tendem a ser complexas (FULLERTON, 2014; TEKINBAS; ZIMMERMAN, 2003); (ii) a teoria não foi originalmente concebida para lidar com contextos multimídia (SWELLER, 2011).

Nesse aspecto, Mayer (2001) propôs a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), fundamentada na TCC, com contribuições voltadas para o *design* de materiais instrucionais em ambientes multimídia. A TCAM baseia-se no modelo de processamento da informação, segundo o qual o cérebro recebe dados por canais visuais e auditivos com capacidade limitada e os processa em três etapas principais: seleção, organização e integração (MAYER, 2009).

A partir desse modelo, foram definidos princípios que orientam como apresentar textos, imagens e sons de forma a facilitar o entendimento e a retenção do conteúdo, direcionar a atenção para elementos relevantes e prevenir a sobrecarga cognitiva (MAYER, 2005; MAYER, 2009). No *design* de jogos, os princípios da TCAM podem auxiliar na organização das informações apresentadas, de forma que favoreçam a compreensão do conteúdo e ajudem o jogador a utilizar o que aprendeu (PIRES et al., 2020; KANG;

RITZHAUPT, 2021; FERNANDES et al., 2024). Eles orientam decisões como a disposição de textos e imagens, o uso de pistas visuais para direcionar a atenção e a introdução gradual de novos conteúdos, facilitando a construção de modelos mentais ao longo da experiência de jogo (MAYER, 2009; MAYER, 2014b)

Apesar de suas contribuições, a TCAM não foi concebida para atuar como modelo de avaliação de materiais multimídia, mas para orientar seu *design* durante o desenvolvimento (KIRSCHNER et al., 2023), o que pode limitar sua aplicação em jogos. Assim como na TCC, quando a avaliação fundamentada na teoria ocorre somente após a construção do material, como em um jogo educacional, ajustes podem gerar custos elevados e retrabalho, dificultando a adequação do *design*.

Projetistas ainda carecem de instrumentos que verifiquem se seus princípios foram aplicados e compreendidos pelos usuários (FARKISH et al., 2023; KIRSCHNER et al., 2023; CAI; EPP, 2024). Além disso, as avaliações existentes costumam medir a carga cognitiva de forma ampla ou retrospectiva, sem distinção clara entre seus componentes ou relação direta com o *design* instrucional (DURAN; ZAVGORODNIAIA; SORVA, 2022). Diante desse cenário, surge a necessidade de considerar estratégias de avaliação que antecipem a identificação de problemas e apoiem decisões durante o desenvolvimento, e posteriormente avalie se o *design* aplicado no jogo está contribuindo para aprendizagem. Os métodos já utilizados para avaliar a carga cognitiva podem atuar como aliados na análise das interfaces, desde que aplicados conforme o *game design* educacional (BRUNKEN; PLASS; LEUTNER, 2003; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; SEYDERHELM; BLACKMORE, 2024).

Nesse contexto, esta proposta de dissertação tem como objetivo desenvolver o PEACH (*Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*): um modelo de avaliação aplicável à fase de prototipação de jogos educacionais, fundamentado nos princípios da Teoria da Carga Cognitiva e da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, combinados a elementos de *game design* educacional e *design* de interação. O *design* de interação envolve o planejamento das formas como o usuário interage com os sistemas, considerando aspectos técnicos, cognitivos e estéticos que podem influenciar a experiência e a usabilidade (BARBOSA; SILVA, 2010). Nesta dissertação, o conceito é abordado

no contexto dos jogos educacionais digitais, em que o projeto de interação compreende as decisões que moldam o comportamento do jogo e determinam os processos de interação possíveis, bem como a forma como o usuário percebe, compreende e atua sobre ele. Para fins de simplificação terminológica e de comunicação, optou-se pela utilização do termo "interfaces" para se referir aos elementos que materializam esse projeto.

O modelo tem a finalidade de auxiliar na análise das interfaces e identificar aspectos que possam afetar a aprendizagem, como: (i) clareza e organização das informações na interface; (ii) integração entre elementos visuais e auditivos; (iii) uso de sinalização, isto é, pistas visuais ou auditivas que orientam a atenção do aprendiz (MAYER, 2005); e (iv) adequação das interações às habilidades e conhecimentos prévios do jogador, considerando princípios de usabilidade e game design educacional (MAYER, 2009; SWELLER, 2011; FULLERTON, 2024).

Para isso, serão investigadas estratégias empregadas por desenvolvedores para medir a carga cognitiva dos jogadores, incluindo métricas: (i) subjetivas, como questionários do tipo NASA-TLX; (ii) comportamentais, como tempo de resposta e taxa de erros; (iii) de desempenho, como progresso em tarefas e pontuação; e (iv) fisiológicas, como variações nos sinais corporais e cerebrais, que podem indicar mudanças no esforço mental durante a interação (SEVCENKO et al., 2021; NINAUS et al., 2014). Além disso, serão analisados modelos existentes que podem contribuir para essa avaliação, como o eGameFlow (FU; SU; YU, 2009), o GUESS (Game User Experience Satisfaction Scale) (PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016) e oEDUGXQ (EduGame UX Questionnaire) (NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020).

1.1 Questões de pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, esta pesquisa é orientada por três questões principais. Essas questões buscam compreender como avaliar interfaces de jogos educacionais digitais, considerando aspectos cognitivos, além de investigar a incorporação desses elementos durante o processo de desenvolvimento.

- QP (1): Como a carga cognitiva é avaliada e incorporada no processo de desenvol-

vimento de jogos educacionais?

- QP (2): De que forma os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia podem contribuir para a avaliação de interface de jogos educacionais?
- QP (3): Como identificar indícios de sobrecarga cognitiva em jogos educacionais considerando a cognição humana e o *design* de jogos?

1.2 Objetivos

Visando responder às questões de pesquisa, esta pesquisa possui os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo geral

Propor um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais, que pode ser aplicado em fase de prototipação, considerando a carga cognitiva humana[1], game *design* educacional e interação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Consolidar um corpo de conhecimento sobre a TCC e sua aplicação na avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais;
- Analisar métodos e métricas existentes para avaliar a carga cognitiva em interfaces de jogos educacionais, identificando suas limitações e potencialidades;
- Propor um modelo de avaliação para mensurar a sobrecarga cognitiva em jogos educacionais, a partir das lacunas identificadas nos estudos;

[1] Através da Teoria da Carga Cognitiva e da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia

1.3 Metodologia

A metodologia adotada nesta proposta de dissertação é a *Design Science Research* (*DSR*), cujo objetivo é construir artefatos inovadores que são benéficos às pessoas, por meio da investigação de uma ou mais instâncias de solução para um problema (STOREY et al., 2017). Como método de pesquisa orientado à solução, a DSR busca, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitem transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis (DRESCH; LACERDA; JUNIOR, 2015). Conforme ilustrado na Figura 1, a DSR pode ser realizada com base em três ciclos, em um processo iterativo, conforme descrito a seguir.

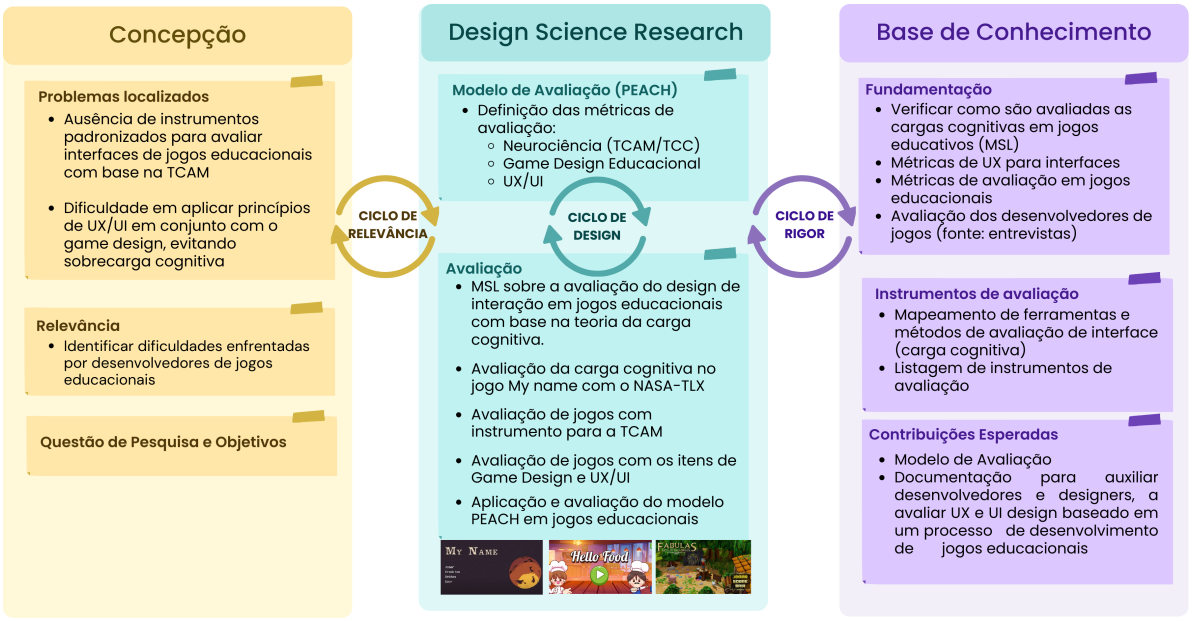


Figura 1 – Etapas do DSR no projeto, adaptado de (Hevner, 2007)

.

i) **Ciclo de Relevância**: são discutidos os problemas relacionados ao contexto da pesquisa, definindo-se os requisitos necessários para a solução e os critérios de aceitação dos resultados (Hevner, 2007). Neste projeto de dissertação, essa etapa permitiu compreender e estruturar o problema de pesquisa, bem como estabelecer sua relevância no contexto dos jogos educacionais. A partir da análise do contexto, foram identificados dois problemas principais: i) a ausência de instrumentos padronizados para avaliar interfaces de jogos educacionais com base nos princípios da TCAM. Por exemplo, Kirschner (2023) menciona a dificuldade de construir instrumentos que considerem essa teoria, o que também foi evidenciado na seleção de artigos de controle da MSL (Capítulo

3); (ii) a dificuldade de aplicar princípios de UX/UI considerando as especificidades desse gênero, de modo a evitar a sobrecarga cognitiva dos usuários (GULZAR; ANSARI, 2025).

Desta forma, verificou-se que a relevância desta pesquisa está associada à necessidade de compreender os desafios enfrentados por desenvolvedores de jogos educacionais, sobretudo na busca por soluções de *design* de jogos orientadas à interação que promovam hierarquia e sinalização da informação, com fluxo de interação consistente, e que, ao mesmo tempo, considerem princípios cognitivos relacionados à gestão da carga cognitiva, à atenção e ao processamento das informações. O equilíbrio entre elementos que tornam o jogo atrativo e estratégias que apoiem a aprendizagem é fundamental para evitar sobrecarga e garantir que o jogo cumpra seu papel educativo (PLASS; MAYER; HOMER, 2020).

Essa demanda ficou evidente tanto no levantamento bibliográfico apresentado no Capítulo 3, quanto nas análises e reflexões realizadas ao final do Capítulo 4, que destacam a importância de instrumentos capazes de apoiar o desenvolvimento e a avaliação de protótipos ainda nas fases iniciais do *design*. A partir disso, foram definidos a questão de pesquisa e os objetivos que direcionam todo o desenvolvimento da proposta.

ii) **Ciclo de *Design***: trata-se da abordagem para solucionar o problema definido no Ciclo de Relevância, por meio da construção do artefato e da descrição das etapas realizadas antes da avaliação dos resultados. É visto como o núcleo de pesquisa baseado em DSR, que se conecta entre as atividades de desenvolvimento e avaliação do artefato, fornecendo indicativos para o refinamento do produto proposto (Hevner, 2007).

Nesta pesquisa, o Ciclo de *Design* foi desenvolvido por meio da concepção e modelagem do PEACH, um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais. Esse modelo foi estruturado a partir de três pilares teóricos: princípios da neurociência aplicados à aprendizagem (com base na TCAM (MAYER, 2009) e na Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER, 2011)), fundamentos de *game design* educacional, e diretrizes de *design* de interfaces. A modelagem do artefato foi organizada em quatro estudos: (i) um mapeamento sistemático da literatura sobre avaliação da carga cognitiva e *design* de interação em jogos educacionais; (ii) a criação de um instrumento baseado na TCAM

para avaliação de jogos; (iii) a definição de critérios avaliativos voltados a elementos de *game design* e *design* de interfaces. Esta etapa permitiu consolidar um modelo aplicável ainda na fase de prototipagem dos jogos, apoiando o desenvolvimento de interfaces que favoreçam tanto a experiência do usuário quanto a aprendizagem (Figura 2); e (iv) a aplicação do Modelo PEACH em jogos educacionais, com o objetivo de verificar sua utilidade prática, identificar padrões recorrentes de problemas nas interfaces e reunir evidências empíricas que subsidiassem seu aprimoramento. Essa etapa funcionou como uma avaliação iterativa, típica da abordagem baseada em design, permitindo validar os fundamentos teóricos do modelo em contextos reais de uso.

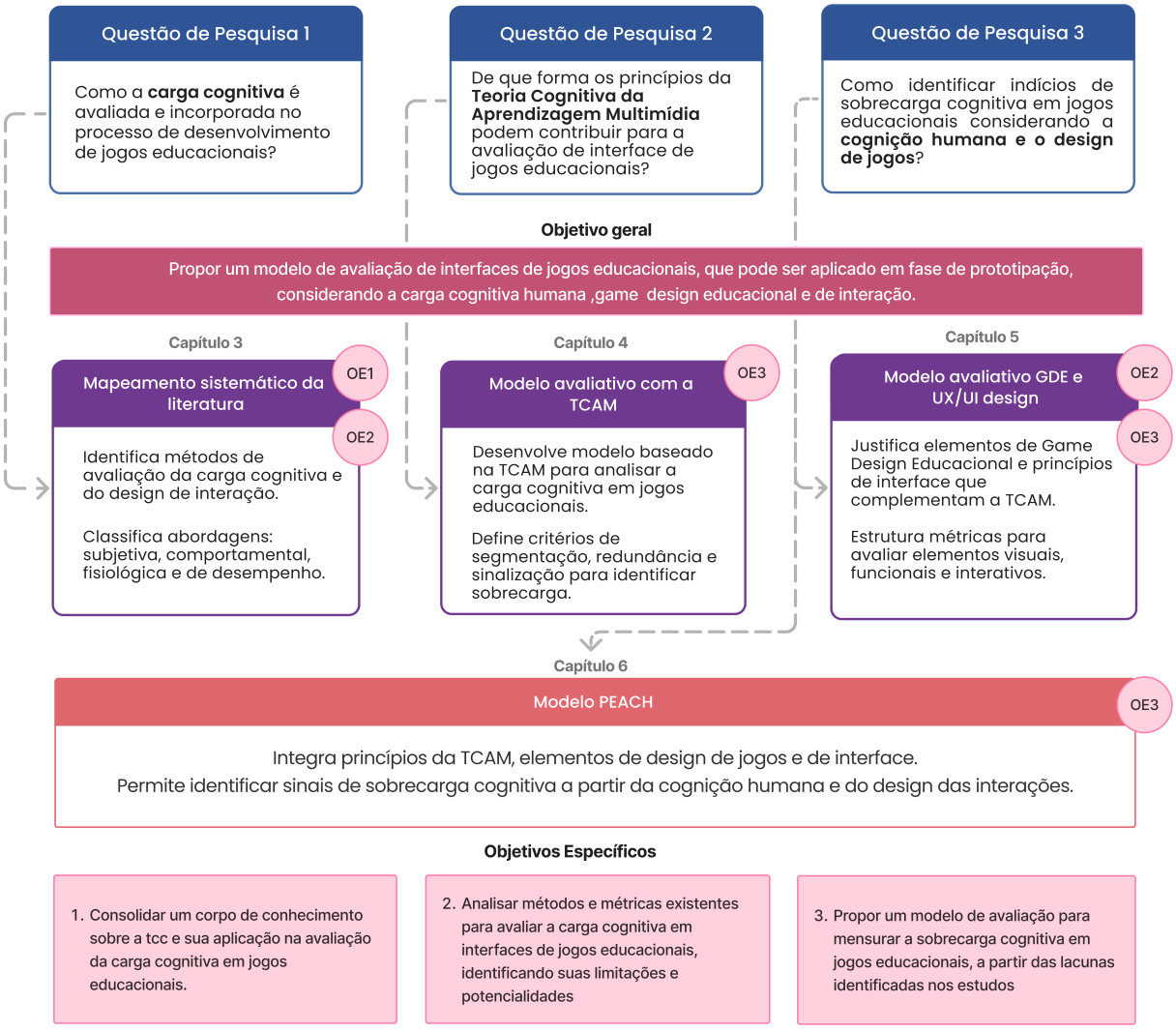


Figura 2 – Relação entre capítulos, objetivos e questões de pesquisa.

A validação preliminar do modelo proposto, também compõe o Ciclo de *Design*, desenvolvido nos estudos anteriores. Essa etapa foi conduzida por meio de três frentes:

(i) um experimento com estudantes de computação utilizando um jogo previamente desenvolvido, visando verificar aspectos relacionados à carga cognitiva e à aplicação dos princípios da TCAM; (ii) uma validação de conteúdo dos critérios definidos, realizada com especialistas da área de jogos educacionais, para analisar clareza, pertinência e abrangência dos itens propostos para avaliar TCAM; e (iii) a avaliação dos critérios voltados para elementos de *game design* educacional, com base em princípios do *design* de interação.

A análise é conduzida de acordo com os objetivos e métodos de cada estudo. No Capítulo 3, os dados da revisão são organizados e analisados qualitativamente por meio da identificação e categorização dos métodos de avaliação da carga cognitiva. O Capítulo 4 envolve a validação de conteúdo do instrumento proposto, considerando critérios como clareza e relevância. No Capítulo 5, os dados da aplicação do modelo são tratados quantitativamente por meio de medidas descritivas, enquanto os relatos dos participantes são analisados qualitativamente para apoiar a interpretação dos resultados.

iii) **Ciclo de Rigor**: os embasamentos teóricos que sustentam a pesquisa são reunidos, ou seja, as contribuições empíricas e os resultados obtidos. O pesquisador pode também compartilhar as instâncias do problema que foram consideradas para alcançar soluções alternativas (Hevner, 2007). Além disso, é possível apresentar uma avaliação dos resultados e indicar direções para trabalhos futuros.

As evidências reunidas ao longo da investigação, por meio da revisão da literatura e entrevistas com desenvolvedores de jogos educacionais, dão suporte à estruturação do artefato, a partir de três frentes principais: i) princípios do processamento humano da informação, com base em teorias cognitivas como a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia; ii) fundamentos de *design* de interação aplicados ao contexto educacional, considerando aspectos como clareza visual, responsividade, organização da interface, entre outros princípios que orientam a qualidade da interação em jogos educacionais digitais; iii) modelos e *frameworks* voltados ao *game design* educacional, utilizados como referência para identificar critérios relevantes na avaliação de jogos com propósito pedagógico.

1.4 Organização

Além deste capítulo introdutório, que visa contextualizar a área de atuação desta pesquisa, esta proposta de dissertação contém outros seis capítulos, descritos a seguir:

- **Capítulo 2** – apresenta o referencial teórico, abordando fundamentos do *design* de jogos educacionais, métodos de avaliação desses jogos, teorias de aprendizagem, como a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, além de trabalhos relacionados.

- **Capítulo 3** – apresenta um mapeamento sistemático da literatura que responde à QP1, identificando métodos e instrumentos utilizados na avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais e suas categorias de análise.

- **Capítulo 4** – apresenta a proposta de um instrumento de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado nos princípios da TCAM.

- **Capítulo 5** – apresenta a proposta de avaliação de jogos a partir de elementos de *game design* educacional e *design* de interface.

- **Capítulo 6** – descreve a avaliação *quali-quanti* do modelo PEACH, conduzida com desenvolvedores de jogos educacionais. O estudo investiga a aplicabilidade do modelo na prática e reúne evidências sobre sua clareza, utilidade e potencial de apoio à análise de interfaces.

- **Capítulo 7** – discute os resultados dos três estudos, com os principais achados, destacando contribuições teóricas e práticas, limitações da pesquisa, um resumo da proposta do modelo de avaliação, trabalhos publicados.

- **Capítulo 8** - apresenta as considerações finais da pesquisa.

2

JOGOS EDUCACIONAIS, AVALIAÇÃO, INTERFACES E COGNIÇÃO HUMANA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos e os trabalhos relacionados a esta proposta de dissertação incluem: *game design* educação, avaliação de jogos educacionais, carga cognitiva e aprendizagem multimídia em jogos.

2.1 *Game design* educacional

Nos últimos anos, os jogos têm ganhado destaque como ferramentas com potencial para combinar aprendizado e entretenimento, crescendo consideravelmente na indústria de treinamento e em ambientes educacionais (UDEOZOR et al., 2023; ALTHANI; MADGE; POESIO, 2022). Embora sejam designados por diferentes nomenclaturas, como Jogos Educacionais, *Educational Serious Games*, *Learning Games* ou *Resonant Games*, compartilham um propósito comum: oferecer uma proposta lúdica que auxilie nos processos de aprendizagem ao estruturar conteúdos dos currículos educacionais (KLOPFER et al., 2018; HAINEY et al., 2016).

Jogos educacionais são desenvolvidos com propósitos pedagógicos bem definidos e utilizam elementos como narrativas, mecânicas e desafios para criar experiências de aprendizagem envolventes que estimulam a participação ativa dos jogadores (BOLLER; KAPP, 2018; DICKEY, 2020). Conforme Plass, Mayer e Homer (2020), o sucesso de

um jogo educacional depende da capacidade de alinhar os objetivos de aprendizagem às mecânicas e dinâmicas do jogo, permitindo que o jogador adquira conhecimento de forma fluida. Entretanto, esse equilíbrio entre os elementos do jogo e os aspectos de aprendizagem não é trivial, de modo que a criação de jogos educacionais se torna mais complexa do que a de jogos destinados apenas ao entretenimento (KLOPFER et al., 2009; PIRES et al., 2020). Além disso, esses objetos de aprendizagem são compostos por múltiplas dimensões interligadas (PLASS; HOMER; KINZER, 2015):

- Afetiva: envolve emoções como curiosidade, frustração e diversão, que aproximam o jogador do conteúdo e favorecem sua permanência na atividade (SUN et al., 2022)
- Cognitiva: refere-se a processos mentais como atenção, memória e resolução de problemas, essenciais para a aprendizagem (ALOTAIBI, 2024).
- Motivacional: relacionada a recompensas, desafios e metas, que impactam o engajamento e a persistência (ESERYEL et al., 2014).
- Sociocultural: abrange interações sociais, contextos culturais e experiências compartilhadas, que também moldam a construção do conhecimento (LEE et al., 2023).

Diante disso, para atingir a essas dimensões, os jogos educacionais tendem a contemplar uma grande quantidade de elementos, tanto de *level design* quanto de *learning design*, que pode afetar os significados que o estudante constrói ao longo da *gameplay* (ROGERS, 2014). A Tabela 1 reúne alguns desses principais elementos, que podem variar na literatura devido a nomenclaturas e classificações distintas, dificultando uma padronização (PATINO; ROMERO; PROULX, 2016; SCHÖBEL; JANSON; SÖLLNER, 2020; BOLLER; KAPP, 2018; PLASS; MAYER; HOMER, 2020). De modo geral, esses elementos destacam a multiplicidade de componentes envolvidos no design de jogos educacionais e sua contribuição na experiência de jogo.

Nesse aspecto, considerando que a qualidade do jogo educacional está relacionada à construção adequada desses elementos e a seu entrelaçamento, ressalta-se a importância da inclusão de estratégias de avaliação que possibilitem analisar o jogo

Tabela 1 – Principais elementos presentes em jogos.

Elemento	**Descrição**
Mecânicas de Jogo	Conjunto de regras e ações possíveis no jogo. Incluem pontuação, níveis, desafios, avatares e outras formas de interação sistematizada entre jogador e ambiente.
Mecânicas de Aprendizagem	Ações estruturadas que promovem aquisição de conhecimento ou desenvolvimento de habilidades, como tomada de decisão, resolução de problemas e reflexão.
Dinâmica	Comportamentos e estratégias que emergem das interações com as mecânicas. Determinam como o jogo evolui e mantém o jogador engajado.
Narrativa	Enredo ou contexto que dá significado às ações do jogador. Favorece o engajamento emocional e a aprendizagem significativa ao situar o conteúdo em uma história envolvente.
Recompensas e Feedback	Sistemas que reforçam comportamentos e informam o jogador sobre seu desempenho, incluindo pontos, emblemas, conquistas e rankings.
Estética	Aparência geral do jogo, incluindo gráficos, cores, animações, design de interface e sons, responsável por criar uma atmosfera imersiva e consistente com o tema e a proposta do jogo.
Sorte	Elemento de aleatoriedade que introduz variação e imprevisibilidade, promovendo equilíbrio ou desafios adicionais.
Competição	Estrutura que incentiva a disputa entre jogadores, promovendo engajamento por meio da comparação de desempenhos.
Cooperação	Possibilidade de colaboração entre jogadores para atingir objetivos comuns ou resolver tarefas em conjunto.
Conflito	Obstáculos ou problemas a serem superados, que impulsionam a progressão e criam tensão dentro da experiência de jogo.
Recursos	Itens ou elementos que podem ser acumulados, trocados ou utilizados estrategicamente durante o jogo.
Estratégia	Elementos que forçam o jogador a planejar e analisar frente a uma tomada de decisão por parte do jogador para alcançar objetivos com eficiência.
Tempo	Pressão ou limitação temporal que exige que certas ações sejam realizadas em um período determinado.
Tema	Ambientação geral ou universo fictício que dá identidade ao jogo e orienta suas escolhas visuais, narrativas e mecânicas.

como recurso educacional (OLIVEIRA et al., 2022). Essas avaliações podem incluir a perspectiva do jogador em relação à usabilidade, estética, objetivos de aprendizagem e carga cognitiva, dentre outros elementos, discutidos com mais detalhes nas próximas seções.

2.2 Carga cognitiva em jogos

A TCC é uma teoria instrucional baseada na estrutura fundamental da memória humana, composta por dois tipos principais de memória:

- **Memória de Curto Prazo (ou de Trabalho):** é responsável por manter e manipular informações temporárias, por meio de representações transitórias que são relevantes para a tarefa em andamento. Essas informações podem se referir tanto a experiências passadas quanto a elementos presentes no ambiente atual.
- **Memória de Longo Prazo:** é encarregada de armazenar o conhecimento adquirido ao longo do tempo, organizando-o em estruturas cognitivas chamadas esquemas, que permitem o acesso e a utilização eficiente dessas informações quando necessário.

Essa teoria foi desenvolvida para ajudar a entender a quantidade de recursos mentais necessários para aprender uma nova informação e como otimizar o uso desses recursos em ambientes educacionais (KALYUGA; CHANDLER; SWELLER, 2004; PAAS; RENKL; SWELLER, 2003; SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998).

Atualmente na literatura, existem duas versões da TCC: a nova e a antiga. A TCC antiga considera três tipos de carga cognitiva: a intrínseca (relaciona-se à complexidade inerente do conteúdo, considerando o objetivo de aprendizagem e o conhecimento prévio do aprendiz), a extrínseca (referente ao esforço cognitivo adicional decorrente da maneira como a informação é apresentada, o qual não contribui diretamente para a aprendizagem) e a germânica (relacionada ao processamento, construção e automatização de esquemas de conhecimento, incentivada por uma apresentação adequada da informação, facilitando a aprendizagem significativa) (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998). Já a nova TCC, promovida por Sweller a partir de 2010, elimina a carga germânica como categoria separada, compreendendo a carga cognitiva apenas em termos de componentes intrínsecos e extrínsecos. O que antes era chamado de carga germânica passa a ser entendido como recursos utilizados para lidar com a carga intrínseca (DURAN; ZAVGORODNIAIA; SORVA, 2022).

Dessa forma, ao construir jogos educacionais, é essencial equilibrar os elementos do jogo com a carga cognitiva exigida pelas tarefas. Esse equilíbrio contribui para que o jogador permaneça engajado enquanto aprende, sem sobrecarga ou distração excessiva. Para isso, recomenda-se que a carga cognitiva intrínseca seja incorporada de forma implícita no fluxo do jogo (MAYER, 2015; PIRES et al., 2018). Quando essa carga é

apresentada de maneira muito explícita, o jogo corre o risco de se assemelhar a um material instrucional, sem que apresente aspectos que contribuam para o engajamento (MAYER, 2015).

Jogos educacionais também podem favorecer o processamento generativo, que se refere à construção ativa de significados impulsionada pelo interesse do jogador. Por outro lado, esses jogos também podem induzir o processamento extrâneo, que é provocado por elementos visuais ou sonoros excessivos que desviam a atenção do objetivo instrucional (PAAS; SWELLER, 2014). Ao aumentar a carga relevante, é necessário criar cenários que não apenas avaliem o conhecimento do jogador, mas exijam que ele o aplique e se aproprie do conteúdo, consolidando o aprendizado em memória de longo prazo (TENG et al., 2023). Isso pode incluir a introdução de problemas com alta interatividade, nos quais o jogador precisa combinar diferentes habilidades e conhecimentos para encontrar soluções, promovendo assim uma aprendizagem mais duradoura (PLASS; MAYER; HOMER, 2020).

Por exemplo, decisões de *game design* educacional que auxiliam no controle da carga cognitiva incluem: (i) ajuste de curvas de aprendizagem, por meio de curvas de dificuldade bem planejadas, que permitem adaptar gradualmente a complexidade das tarefas à medida que o jogador progride (PLASS; HOMER; KINZER, 2015); (ii) uso do princípio do *flow*, no qual os desafios acompanham o desenvolvimento das habilidades do jogador, mantendo o interesse e evitando frustração (CSIKSZENTMIHALYI, 1990; SHAREK; WIEBE, 2014); (iii) integração de elementos narrativos, como a jornada do herói, que reforçam a imersão ao conectar as ações do jogador a objetivos significativos dentro da experiência de jogo (ROGERS, 2014; CAMPBELL, 2008); (iv) redução da quantidade de elementos visuais simultâneos na interface, considerando os limites da memória de trabalho (MILLER, 1956).

Além de aderir estratégias para o controle da carga cognitiva no *design* de jogos educacionais, também é necessário compreender como essa carga pode ser medida. A avaliação permite identificar tanto situações de sobrecarga quanto níveis de exigência cognitiva muito baixos, que podem comprometer o engajamento e a aprendizagem (MONTANI et al., 2020).

As técnicas de mensuração da carga cognitiva devem ser suficientemente sensíveis para captar variações nas tarefas ou na interação com ambientes educacionais, sem interferir negativamente no desempenho da atividade principal (ORRU; LONGO, 2019). Na literatura, destacam-se quatro principais categorias de medidas utilizadas para avaliar a carga cognitiva: medidas subjetivas, medidas baseadas em performance, medidas comportamentais e medidas fisiológicas (JOHANNSEN, 1979; EGGEMEIER et al., 2020; SCERBO, 2018; BRÜNKEN; SEUFERT; PAAS, 2010). A seguir, apresentam-se as principais características de cada uma dessas categorias.

- **Medidas subjetivas:** baseiam-se na perspectiva de pessoas que interpretam e descrevem suas experiências em relação à carga cognitiva durante uma determinada tarefa (GOPHER; BRAUNE, 1984). Essas medidas são indicadas em situações como: i) obtenção de *feedback* rápido para estudos iniciais de design instrucional, avaliação de produtos ou interfaces; ii) quando o custo-benefício é uma prioridade em pesquisa. Contudo, essas medidas possuem limitações, como a possibilidade de que a memória dos participantes altere a percepção sobre a carga, devido à dificuldade em recordar exatamente a experiência vivida.

- **Medidas de performance:** baseiam-se na avaliação do desempenho do usuário, trazem evidências empíricas que auxiliam na diminuição da sobrecarga cognitiva de forma mais explícita e direta. No entanto, até o momento, identificar se a redução da carga cognitiva resulta diretamente das alterações baseadas nesse *feedback* ainda é um desafio (BRÜNKEN; SEUFERT; PAAS, 2010; SEVCENKO et al., 2021).

- **Medidas comportamentais:** avaliam mudanças no comportamento de interação na realização de atividades (MAGNUSDOTTIR et al., 2017), por exemplo: ao falar, padrões na voz, ou nas variações de entrada de dados em sistemas, seja utilizando mouse ou teclado (LIM; AYESH; STACEY, 2015).

- **Medidas fisiológicas:** envolvem a detecção de mudanças fisiológicas ligadas ao estado cognitivo, de acordo com o tipo de sinal registrado, a técnica pode ser ponderada para ser mais ou menos invasiva (JOHANNSEN, 1979). Por exem-

plo, utilizando sensores de Atividades Eletrodêmicos (EDA) ou por variação da frequência cardíaca (VFC) (NINAUS et al., 2014).

Entretanto, apesar dos benefícios da TCC, a teoria foi inicialmente desenvolvida para orientar o *design* instrucional em contextos estruturados e com tarefas bem definidas, com foco em materiais lineares e estáticos, como textos e diagramas (SWELLER, 2011; PAAS; SWELLER, 2014). Com isso, não contempla adequadamente ambientes multimídia interativos, como jogos educacionais, que envolvem múltiplos canais de estímulo, navegação não linear, *feedbacks* em tempo real e elementos narrativos ou estéticos (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; SHAREK; WIEBE, 2014).

Além disso, a TCC concentra-se predominantemente nos aspectos cognitivos da aprendizagem, com pouca atenção aos fatores afetivos, como emoção, engajamento e motivação (HAWLITSCHEK; JOECKEL, 2017; SHAREK; WIEBE, 2014; PLASS; HOMER; KINZER, 2015). Tais limitações evidenciam a necessidade de abordagens complementares que considerem as particularidades dos ambientes digitais, como a integração de múltiplas mídias, a temporalidade dos estímulos e a organização da informação, como propõe a TCAM, detalhada na seção a seguir.

2.3 Aprendizagem multimídia em jogos

Em jogos educacionais, a forma como textos, imagens e sons são combinados pode influenciar diretamente a compreensão do conteúdo pelo jogador (KUBA et al., 2021). Para orientar o *design* de materiais multimídia que respeitem os limites da cognição humana, abordagens teóricas fundamentadas na psicologia cognitiva são utilizadas (PLASS; MAYER; HOMER, 2020). Entre elas, destaca-se a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), que propõe diretrizes baseadas em evidências sobre como a integração de palavras e imagens pode favorecer a aprendizagem (MAYER, 2001). Fundamentada na ideia de que a mente humana possui uma capacidade limitada de processamento na memória de trabalho, a TCAM defende que a aprendizagem ocorre por meio da construção ativa de representações mentais significativas (MAYER, 2014b).

Entre as teorias cognitivas que influenciaram sua estrutura, destaca-se a Teoria da Codificação Dupla (TCD), proposta por Paivio (2014), que contribui para o entendimento de como os aprendizes processam informações em dois sistemas distintos: verbal e não verbal. Essa ideia está presente no conceito de canais duais da TCAM, que recomenda a combinação coordenada de texto e imagem para facilitar a construção de representações mentais. Além da TCD, a TCAM também incorpora pressupostos da TCC, ao considerar a limitação da memória de trabalho, e de abordagens construtivistas, ao reconhecer que o aprendiz organiza e integra ativamente novas informações ao seu conhecimento prévio (MAYER, 2005; MAYER, 2014b). Considerando essas bases, a TCAM se organiza em três pilares fundamentais:

- (i) **Canais duais:** os aprendizes processam informações por meio de canais separados para informação verbal e visual (PAIVIO, 1990; BADDELEY, 1992);
- (ii) **Capacidade limitada:** cada canal possui uma limitação de processamento na memória de trabalho, o que demanda um *design* que minimize sobrecarga cognitiva (BADDELEY, 1992; CHANDLER; SWELLER, 1991);
- (iii) **Processamento ativo:** a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando o aprendiz seleciona, organiza e integra a informação com seus conhecimentos prévios (MAYER et al., 1999);

Esses pilares são representados no modelo de processamento cognitivo da aprendizagem multimídia, conforme ilustrado na Figura 3. Nesse modelo, a informação é inicialmente recebida pela memória sensorial através dos canais auditivo (sons e narração) e visual (imagens e texto) (MAYER, 2005). O aprendiz realiza a seleção consciente dos estímulos considerados relevantes para a aprendizagem, ou seja, das palavras e imagens que, com base em pistas fornecidas pelo material (por exemplo, títulos, destaques visuais ou a forma como as informações estão organizadas), são percebidas como essenciais para compreender o conteúdo (MAYER, 2014b; MAYER, 2005). Esses elementos são então encaminhados à memória de trabalho.

Nessa etapa, ocorre a organização de palavras em estruturas verbais (modelo verbal) e de imagens em estruturas pictóricas (modelo pictórico) (MAYER, 2005). A

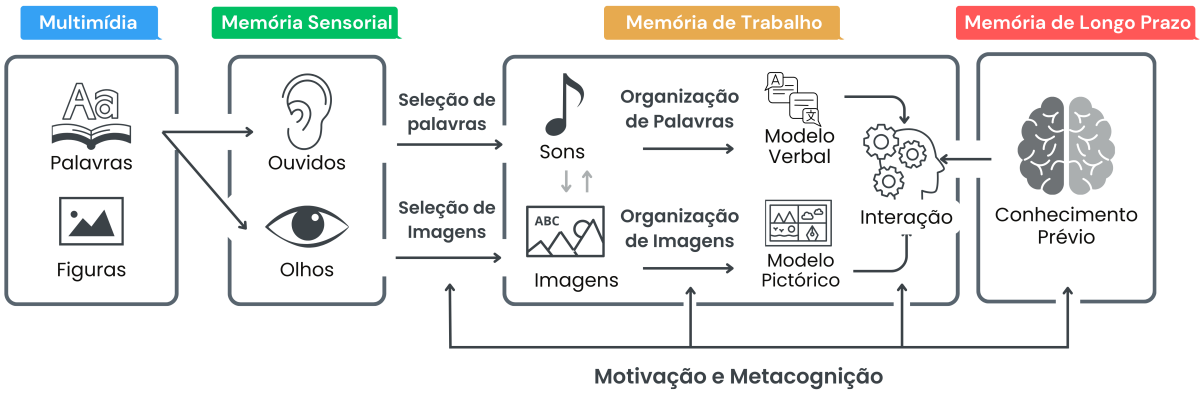


Figura 3 – Esquemas de aprendizagem multimídia. Fonte: adaptado de (MAYER, 2005).

aprendizagem significativa resulta da integração entre esses dois modelos mentais e sua conexão com o conhecimento prévio armazenado na memória de longo prazo (MAYER, 2009). Todo esse processo é influenciado por fatores de ordem motivacional e metacognitiva, que modulam a atenção, o esforço cognitivo e a autorregulação da aprendizagem (MAYER, 2005).

A estrutura da TCAM, ao combinar os três pilares (canais duais, capacidade limitada e processamento ativo), orienta o *design* instrucional por meio de um conjunto de diretrizes práticas. A partir disso, Mayer propôs 12 princípios de aprendizagem multimídia, organizados em três grupos conforme a natureza do processamento cognitivo envolvido: (i) os princípios para redução do processamento extrínseco, que tratam da eliminação de elementos irrelevantes que possam distrair o aprendiz; (ii) os princípios para o gerenciamento do processamento essencial, que abordam formas de estruturar o conteúdo principal para que ele possa ser compreendido sem sobrecarregar a memória de trabalho; e (iii) os princípios para a promoção do processamento germano, que têm como objetivo favorecer o esforço cognitivo dedicado à organização e integração da informação com o conhecimento prévio, promovendo assim a construção de significados e a aprendizagem significativa (MAYER, 2009; MAYER, 2014b). Com base nessa estrutura, os princípios são descritos a seguir:

- Princípios para redução do processamento extrínseco:
  - **Coerência**: a aprendizagem melhora quando palavras, imagens e sons irrelevantes são evitados.

  - **Sinalização**: as pessoas aprendem melhor quando há pistas que destacam a organização das informações essenciais.
  - **Redundância**: é melhor apresentar gráficos com narração do que com narração e texto escrito redundante ao mesmo tempo.
  - **Contiguidade espacial**: palavras e imagens relacionadas devem ser exibidas próximas umas das outras na tela.
  - **Contiguidade temporal**: palavras e imagens correspondentes devem ser apresentadas ao mesmo tempo, e não em momentos diferentes.

- Princípios para o gerenciamento do processamento essencial:
  - **Segmentação**: as pessoas aprendem melhor quando o conteúdo é apresentado em partes controláveis pelo aprendiz.
  - **Pré-treinamento**: a aprendizagem é favorecida quando os aprendizes conhecem previamente os nomes e características dos principais conceitos.
  - **Modalidade**: gráficos acompanhados de narração promovem melhor aprendizagem do que gráficos acompanhados de texto escrito.

- Princípios para promoção do processamento germano:
  - **Multimídia**: as pessoas aprendem melhor com palavras e imagens do que apenas com palavras.
  - **Personalização**: a linguagem conversacional favorece a aprendizagem mais do que uma linguagem formal.
  - **Voz**: vozes humanas amigáveis são mais eficazes para a aprendizagem do que vozes artificiais ou robotizadas.
  - **Imagem**: a presença da imagem do narrador na tela nem sempre contribui significativamente para a aprendizagem.

Esses princípios fornecem subsídios para projetar experiências de aprendizagem mais eficazes no contexto de jogos educacionais (HUANG; JOHNSON, 2009; KUBA et al., 2021; MAYER, 2024). Por exemplo, podem orientar a organização de tutoriais

em etapas curtas (segmentação), o posicionamento próximo entre textos e elementos visuais (contiguidade), a remoção de informações irrelevantes (coerência) e o uso de linguagem mais próxima do jogador (personalização) (PLASS; MAYER; HOMER, 2020). No entanto, a TCAM apresenta algumas limitações importantes nesse tipo de ambiente, como: (i) foi originalmente desenvolvida para o *design* de materiais instrucionais lineares e controlados, o que dificulta sua aplicação em jogos educacionais que envolvem interatividade contínua, adaptação em tempo real e aprendizagem exploratória; (ii) tem como propósito principal oferecer diretrizes para o projeto de materiais multimídia e não servir como base para avaliação sistemática de ambientes complexos como jogos; e (iii) não contempla de forma estruturada elementos de *game design*, como mecânicas, narrativa, recompensas, nem dimensões motivacionais, sociais e afetivas, essenciais para o engajamento do jogador (MAYER, 2014b; PLASS; MAYER; HOMER, 2020; CHANG; YANG, 2023).

Nesse contexto, Kirschner et al. (2023) propõem a Teoria Cognitiva da Avaliação Multimídia (CTMA, do inglês *Cognitive Theory of Multimedia Assessment*), concebida como uma adaptação da TCAM ao campo da avaliação de desempenho em ambientes digitais. A CTMA enfatiza a distinção entre níveis de proficiência dos usuários e admite a introdução planejada de elementos que elevam a carga cognitiva extrínseca, isto é, o esforço direcionado ao formato da instrução e não diretamente à compreensão do conteúdo, com o objetivo de diferenciar especialistas de novatos em contextos diagnósticos ou somativos. Apesar de sua relevância para fins avaliativos, a CTMA não contempla sistematicamente aspectos de *game design* nem a natureza interativa dos jogos educacionais; por essa razão, não é adotada como referencial central neste estudo, mantendo-se a TCAM como base teórica para orientar a análise de interfaces.

2.4 Avaliação de jogos educacionais

A avaliação é uma etapa essencial no ciclo de desenvolvimento de jogos educacionais, pois permite validar decisões de *design*, identificar pontos de melhoria e auxiliar na verificação do alcance dos objetivos pedagógicos (OLIVEIRA et al., 2019). Quando

realizada de forma contínua e sistemática, a avaliação contribui para a identificação de ajustes no conteúdo, nas mecânicas e no *design* geral do jogo, podendo contribuir com experiências de aprendizagem mais adequadas ao público-alvo (TSUDA et al., 2014; BAIGI et al., 2022).

Nesse sentido, além de avaliar usabilidade, desempenho, acessibilidade, entre outros, faz-se necessário também avaliar os aspectos de aprendizagem (OLIVEIRA et al., 2019). Essa avaliação pode contribuir para verificar se os participantes desenvolveram os conhecimentos e habilidades esperados com o uso do artefato (PLASS; HOMER; KINZER, 2015). Ela pode ser conduzida de maneiras distintas, conforme os objetivos e o momento em que ocorre. A avaliação diagnóstica, por exemplo, é aplicada antes da atividade para identificar conhecimentos prévios e orientar decisões sobre o planejamento (COX; IMRIE; MILLER, 2014). A avaliação formativa ocorre durante a atividade, auxiliando no acompanhamento do progresso e em ajustes contínuos (PERRENOUD, 1999). Já a avaliação somativa é realizada ao final, com a finalidade de verificar o que foi aprendido e se os objetivos foram alcançados (MILLER; IMRIE; COX, 1998). Por fim, a autoavaliação permite que os próprios participantes reflitam sobre seus avanços, dificuldades e estratégias utilizadas (SALAS et al., 2017).

Ainda assim, o processo de avaliação em jogos enfrenta desafios, uma vez que a aprendizagem abrange processos cognitivos complexos, muitas vezes não diretamente observáveis, como a construção de significados, o raciocínio e a consolidação do conhecimento (HEESWIJK; KRIZ, 2023; PLASS; MAYER; HOMER, 2020). Por isso, é fundamental compreender quais aspectos devem ser avaliados em um jogo educacional e quais fatores podem influenciar esse processo, de modo a apoiar a identificação tanto dos objetivos de aprendizagem quanto dos elementos que tornam o jogo envolvente (TOBIAS et al., 2014; ASADZADEH et al., 2024). Nesse sentido, torna-se fundamental avaliar como a interface apoia (ou dificulta) a experiência do jogador (ROGERS, 2014), antecipando interações prováveis e considerando as necessidades do usuário durante o processo de game design educacional (PIRES et al., 2021; WETZEL, 2025).

Diversos métodos foram propostos ao longo dos anos para avaliar jogos educacionais e objetos digitais, e tais propostas compartilham características relevantes.

Em comum, adotam abordagens baseadas em heurísticas, questionários estruturados e critérios de usabilidade, buscando identificar aspectos que afetam o engajamento, a clareza da interface, a organização multimídia e a contribuição pedagógica. Entre esses métodos está o LORI (*Learning Object Review Instrument*) (LEACOCK; NESBIT, 2007), que apresenta critérios amplos de avaliação, como qualidade instrucional, *feedback*, multimídia e *design* da apresentação. Embora não tenha sido concebido especificamente para jogos, o LORI oferece uma referência relevante para compreender como a apresentação multimodal e o alinhamento entre conteúdo e interface podem apoiar a aprendizagem em ambientes interativos, incluindo jogos educacionais.

No contexto específico dos jogos educacionais, métodos como o PHEG (*Playability Heuristics for Educational Games*) (MOHAMED; JAAFAR, 2010) e o HEDED (Heurísticas para *Design* de Jogos Educacionais Digitais) (VALLE et al., 2013) aprofundam essa perspectiva ao propor conjuntos de heurísticas adaptadas às necessidades do domínio. O PHEG estrutura sua avaliação em cinco dimensões (interface, conteúdo, pedagogia, jogabilidade e multimídia) com o objetivo de assegurar que o jogo permaneça simultaneamente funcional, engajador e instrucional. O HEDEG, por sua vez, organiza heurísticas voltadas para identificar problemas relacionados à clareza da interface, à apresentação das informações, ao uso de elementos multimídia e ao alinhamento visando a aprendizagem. Ambos os métodos demonstram capacidade de identificar problemas em fases preliminares do desenvolvimento, favorecendo ciclos iterativos de aperfeiçoamento.

Além desses métodos, algumas abordagens ampliaram o escopo da avaliação ao considerar aspectos da experiência do jogador que vão além da usabilidade e do conteúdo instrucional, incorporando elementos narrativos, motivacionais e interativos. Nesse conjunto de propostas, destaca-se o AHJED (Avaliação Heurística de Jogos Educacionais Digitais) (AZEVÊDO; ROUSY; SIEBRA, 2018), que inclui dimensões como narrativa, imersão, agente educacional e inteligência artificial, além de interface e multimídia. Seus critérios buscam capturar elementos motivacionais e estruturais que influenciam a experiência do aprendiz, permitindo uma análise mais abrangente do jogo. Já o MEEGA+ (*Model for Evaluation of Educational Games*) (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2016), ao adotar um questionário validado estatisticamente, avalia fatores

como motivação, experiência do usuário, usabilidade percebida e aprendizagem percebida. Diferentemente das abordagens heurísticas, o MEEGA+ foca a perspectiva do jogador, podendo contribuir com uma visão complementar onde evidencia aspectos subjetivos da experiência de uso.

Embora esses métodos contribuam significativamente para o campo, eles apresentam limitações comuns: não integram de forma sistemática princípios cognitivos que expliquem como elementos da interface podem gerar sobrecarga cognitiva; tratam multimídia de maneira descritiva, e não fundamentada na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia; e muitas vezes carecem de critérios precisos para orientar o processo de redesign da interface.

Nesse sentido, o modelo PEACH diferencia-se das propostas anteriores ao auxiliar na integração de elementos de usabilidade, *game design* educacional e princípios de aprendizagem multimídia, considerando a perspectiva da carga cognitiva. Sua contribuição reside em oferecer um instrumento que visa identificar indícios de carga cognitiva extrínseca e gerativa relacionados ao *design* da interface e à apresentação multimodal das informações. Em síntese, o PEACH procura complementar os modelos existentes ao: (i) incorporar princípios da TCAM à avaliação de jogos educacionais; (ii) considerar como elementos visuais, textuais e auditivos podem influenciar o esforço cognitivo do jogador; (iii) apresentar descrições objetivas que auxiliam na identificação de problemas e apoiam ações de *redesign*; (iv) alinhar decisões de interface e uso de elementos multimídia aos princípios instrucionais, permitindo observar sua relação com a carga cognitiva durante a interação; (v) apoiar desenvolvedores no refinamento iterativo de seus protótipos com base em evidências relacionadas ao processamento cognitivo.

3

AVALIAÇÃO DO DESIGN DE INTERAÇÃO E CARGA COGNITIVA

Este capítulo apresenta um mapeamento sistemático da literatura, cujo objetivo é identificar como a carga cognitiva tem sido avaliada em jogos educacionais e ambientes gamificados. Busca-se, assim, responder à QP(1) *Como a carga cognitiva é avaliada e incorporada no processo de desenvolvimento de jogos educacionais?*, buscando atender ao objetivo específico de consolidar um corpo de conhecimento sobre a TCC e sua aplicação na avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais, por meio de um MSL (apresentada no Capítulo 1).

A motivação para esta pesquisa está na necessidade de compreender quais ferramentas são utilizadas para mensuração da carga cognitiva, como os elementos de interface têm sido avaliados nesse contexto e de que forma o *design* de interação é relacionado ao desempenho e à experiência dos jogadores. No escopo da DSR, este capítulo situa-se no Ciclo de Rigor, consolidando a base de conhecimento e estabelecendo requisitos para o Ciclo de *Design* do modelo PEACH. Para isso, a Seção 3.1 descreve a metodologia empregada no mapeamento, incluindo as questões de pesquisa (Seção 3.1.1) e a string de busca (Seção 3.1.2). A Seção 3.2 apresenta os resultados obtidos com base nas questões de pesquisa analisadas e discute-os em relação a cada questão específica.

3.1 Metodologia

Este estudo segue o protocolo proposto por Kitchenham et al. (2015), que estabelece um conjunto de diretrizes para identificar, avaliar, interpretar e sumarizar os estudos disponíveis considerados relevantes para um determinado tópico de pesquisa. Assim, esta seção apresenta as questões de pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão, a estratégia de busca, o processo de seleção dos estudos e os procedimentos de análise adotados.

3.1.1 Questões de Pesquisa

A primeira etapa do protocolo consiste no planejamento, no qual os objetivos da pesquisa são definidos. Com esse propósito, as seguintes questões de pesquisa foram propostas:

- **Questão principal:** Como as cargas cognitivas em jogos educacionais são avaliadas?
- **Questões secundárias:** i) Como a relação entre os elementos de jogos, carga cognitiva e *design* de interface é avaliada? ii) Quais as evidências entre os elementos presentes na interface do jogo que relacionam a jogabilidade com o *design* visual?

3.1.2 String de Busca

Com o objetivo de responder às questões de pesquisa propostas, elaborou-se uma *string* de busca conforme os termos relevantes identificados nas palavras-chave, títulos e resumos das publicações que constituem os artigos de controle (PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015). Esses termos foram organizados de forma a cobrir as principais dimensões do estudo:

- **Jogos**: *"games"* OR *"gamification"* OR *"game"* OR *"gamify"* OR *"gamified"* OR *"system"* OR *"application"*

- **Aprendizagem**: *"serious"* OR *"educational"* OR *"learning environments"* OR *"education"*
- **Teoria da Carga Cognitiva**: *"cognitive load"* OR *"extrinsic load"* OR *"intrinsic load"* OR *"extraneous load"* OR *"germane load"*
- **Avaliação:** *"measur*"* OR *"assessment"* OR *"multimedia learning"*

O conjunto de artigos de controle, composto por 7 estudos (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; SEVCENKO et al., 2021; HAWLITSCHEK; JOECKEL, 2017; SHAREK; WIEBE, 2014; SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023; APPEL et al., 2021; SU, 2016), é selecionado previamente para apoiar a construção da *string* e validar sua eficácia, garantindo que todos esses artigos fossem recuperados pela busca automática (PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015). Esses estudos também foram analisados para identificar os tipos de métricas empregados (subjetivas, de performance, de comportamento e fisiológicas (SEVCENKO et al., 2021)), bem como as abordagens e metodologias utilizadas e os procedimentos adotados para validação dos resultados. A partir desses artigos, identificaram-se as abordagens e metodologias de estudo adotadas pelos pesquisadores, bem como os procedimentos utilizados para validar os resultados obtidos. Além disso, verificou-se se todos os artigos do conjunto de controle atendiam aos filtros definidos na *string* de busca, pois é importante para confirmar a adequação do processo de seleção.

3.1.3 Critério de seleção de artigos

Os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) foram definidos da seguinte forma:

Critérios de inclusão de artigos:

- O artigo deve abordar trabalhos que citam como é avaliada a teoria da carga cognitiva no jogo educacional.
- O artigo deve descrever a relação entre os elementos de interface com a carga cognitiva.

- O artigo deve abordar a relação dos elementos de jogos com a teoria da carga cognitiva.

Critérios de exclusão de artigos:

- Não atender nenhum dos critérios de inclusão.
- A versão completa do artigo não está disponível entre as fontes selecionadas.
- O idioma do artigo não é inglês.
- A publicação do artigo não foi em conferências ou periódicos
- O artigo não é um artigo completo (considerando para isso no mínimo 6 páginas)
- O artigo estar duplicado
- Ser livro ou capítulo de livro, tese ou dissertação
- O estudo não é um estudo primário (sumário de anais de eventos científicos, descrição de um curso, editorial, resumo de palestra, *workshop* ou tutorial, outras RSLs, mapeamentos sistemáticos da literatura ou mesmo estudos apre sentando revisões informais da literatura)
- O estudo é uma versão mais antiga de outro estudo já considerado

3.1.4 Planejamento e Estratégia de condução da pesquisa

Inicialmente, dois pesquisadores definiram o protocolo de revisão e a estratégia de busca. Em seguida, outros dois pesquisadores validaram esse protocolo e a estratégia adotada. As buscas foram conduzidas em três bases digitais utilizadas na área de Computação e Engenharia de Software: Scopus[1], IEEE Xplore[2] e ACM Digital Library[3]. Essas bases foram selecionadas por sua relevância e abrangência em estudos relacionados a jogos e ducacionais, design de interação e avaliação cognitiva.

1 <https://www.scopus.com>
2 <https://ieeexplore.ieee.org>
3 <https://dl.acm.org>

A Figura 4 resume o processo completo de identificação, seleção e extração dos estudos, descritos a seguir:

- **Identificação:** a busca automática foi realizada em três bases digitais (Scopus, IEEE e ACM) resultando em 431 publicações na Scopus, 188 na IEEE e 1 na ACM, totalizando 620 registros.
- **Seleção:** após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, 553 estudos são excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão e exclusão, restando 67 publicações para a etapa seguinte.
- **Extração**: procedimentos detalhados na Seção 3.2, nos quais as informações relevantes são coletadas e organizadas a partir dos estudos selecionados.



Figura 4 – Etapas de seleção das publicações nas três bibliotecas digitais.

Para garantir maior confiabilidade na seleção dos estudos, dois pesquisadores aplicaram os critérios de inclusão e exclusão de forma independente em uma amostra aleatória. O grau de concordância entre os avaliadores foi medido por meio do coeficiente Kappa (VIERA; GARRETT et al., 2005), cujo valor foi de 0,6069, interpretado como concordância moderada, no limite inferior da faixa considerada substancial.

Na etapa de extração, os 67 estudos foram analisados integralmente. Desses, 38 foram considerados válidos para a análise final (56,7%) , enquanto 29 foram excluídos (43,3%) por não atenderem aos critérios após leitura completa.

3.2 Resultados e discussões

Após a identificação dos artigos que atendem aos critérios de inclusão e exclusão, além de corresponderem à *string* de busca, Realiza-se a descrição dos dados extraídos dos estudos analisados. Os artigos investigam distintas abordagens para a mensuração da carga cognitiva em jogos educacionais, empregando métodos como rastreamento ocular, métricas *in-game* e escalas subjetivas, entre outros. Adicionalmente, as questões de pesquisa são respondidas com base nas informações extraídas, priorizando a análise das ferramentas utilizadas para medir a carga cognitiva, a interação entre os elementos da interface e a carga cognitiva percebida, bem como as variáveis da interface dos jogos educacionais que influenciam a experiência do usuário.

3.2.1 *Como as cargas cognitivas em jogos educacionais são avaliadas? (QP1)*

A avaliação das cargas cognitivas é realizada por meio de diversas ferramentas e metodologias específicas, as quais variam conforme as técnicas de avaliação. Os artigos analisados neste capítulo Empregaram-se diferentes ferramentas e evidências para mensurar a carga cognitiva durante o jogo, classificadas em quatro grupos principais: subjetivas, comportamentais, fisiológicas e de desempenho. Foram analisados um total de 28 artigos, conforme demonstrado na Figura 5.

1. Medidas Subjetivas: essas medidas são as mais utilizadas, aparecendo em 15 artigos. Elas consistem na avaliação feita pelos próprios participantes sobre o esforço mental exigido por uma tarefa, sendo geralmente aplicadas logo após sua execução. Por dependerem da percepção individual, são de fácil aplicação e baixo custo, embora não captem variações momentâneas da carga cognitiva durante a atividade (ALTMEYER et al., 2023). O instrumento mais comum é o *NASA Task Load Index* (NASA-TLX), presente em sete estudos. Trata-se de uma escala multidimensional que avalia a carga de trabalho percebida com base em seis dimensões: demanda mental, demanda física, demanda temporal, esforço, desempenho e frustração (SU, 2016; SEVCENKO et al., 2021; LEE et

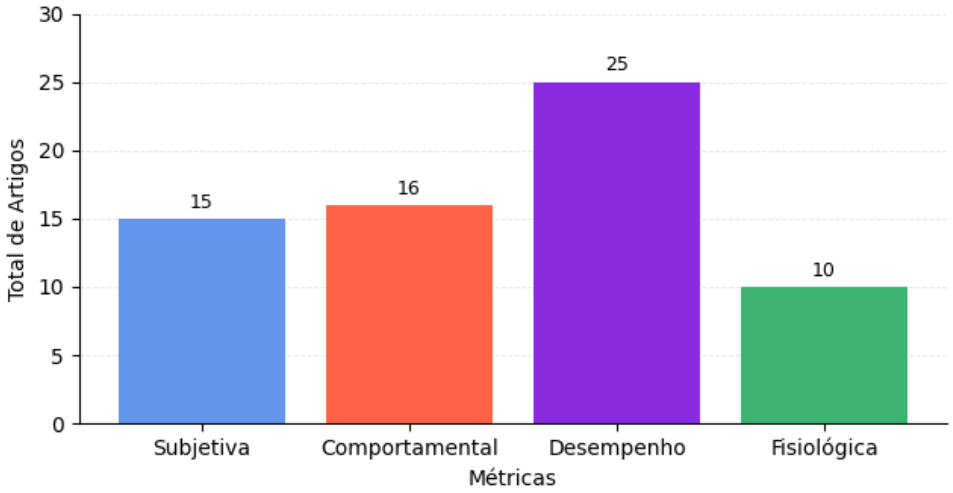


Figura 5 – Ocorrências de Ferramentas de Avaliação da Carga Cognitiva.

al., 2019; NELSON; KETELHUT; SCHIFTER, 2010; CRIOLLO-C et al., 2024). Além dele, destacam-se outras escalas padronizadas, como a Escala de Paas, que é uma medida unidimensional que solicita ao participante que avalie diretamente o esforço mental investido em uma tarefa em uma escala Likert, geralmente de 1 a 9 (sendo 1 equivalente a esforço mental muito baixo e 9 a esforço mental muito alto), localizada em dois estudos (STILLER; SCHWORM, 2019; MULQUEENY et al., 2015). A *Cognitive Load Scale* (CLS), utilizada em dois estudos, possibilita uma avaliação mais detalhada da carga cognitiva ao distinguir entre seus três componentes: intrínseco, extrínseco e germânico, conforme proposto pela Teoria da Carga Cognitiva (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; ALYAMI et al., 2019).

Alguns estudos optaram por questionários personalizados, como o virDRT (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023), o *Affective Slider* (GABANA et al., 2017) e o *After-Mission Questionnaires* (AMQ) (LAW et al., 2010), adaptados a contextos específicos, incluindo jogos de direção e iniciativas de ciência cidadã. Para organizar as evidências extraídas sobre como a carga cognitiva é mensurada nos jogos educacionais, os dados estão agrupados em quatro dimensões analíticas principais: (i) Aspectos cognitivos, que envolvem a avaliação da carga mental intrínseca (relacionada à complexidade das tarefas) e da carga extrínseca (associada à clareza das instruções) (MULQUEENY et al., 2015; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019); (ii) Respostas emocionais, como frustração, satisfação e motivação experimentadas durante o jogo (APPEL et al., 2021; SEVCENKO

et al., 2021; MILLER et al., 2019; LEE et al., 2019); (iii) Desempenho percebido, que envolve a autoavaliação dos participantes quanto à eficácia e ao esforço aplicado na resolução das tarefas; e (iv) Experiência do usuário, que inclui elementos como engajamento, imersão e usabilidade da interface. Com essa estratégia de categorização, é possível sintetizar de forma mais estruturada os diferentes focos dos questionários analisados.

No entanto, vale destacar algumas limitações dessas abordagens. Uma delas refere-se ao viés de autorrelato, uma vez que os dados dependem da percepção individual dos jogadores. Além disso, algumas escalas apresentaram consistência interna considerada baixa, com valores de alfa de Cronbach inferiores ao ideal (por exemplo, $\alpha = 0{,}61$.). Observa-se ainda que diversos estudos são conduzidos com amostras reduzidas, variando entre 20 e 47 participantes, o que pode comprometer a generalização dos resultados (LEE et al., 2019; SEVCENKO et al., 2021; REDLINGER; GLAS; RONG, 2022).

2. Medidas Comportamentais: essas medidas são aplicadas em dezesseis estudos, com destaque para o uso de *eye-tracking* (APPEL et al., 2021; LEE et al., 2019; NELSON; KETELHUT; SCHIFTER, 2010), métricas *in-game* (em cinco estudos), (SEVCENKO et al., 2021; MULQUEENY et al., 2015; WOO, 2014) e dispositivos de interação, como o *Leap Motion* e o *Hololens*[4] (GABANA et al., 2017; ALYAMI et al., 2019). As evidências coletadas por essas ferramentas incluem padrões oculares, como fixações, dilatação pupilar e frequência de microsacadas[5], que se mostraram indicadores confiáveis da carga cognitiva. Além disso, métricas como tempo de resposta, frequência de erros e comportamento adaptativo diante de desafios são utilizadas para inferir a carga extrínseca. Por exemplo, o estudo Woo (2014) identificou correlação entre o número de erros cometidos e o aumento da carga cognitiva em tarefas mal estruturadas. Já o estudo de Ouellette et. al (2019) evidenciou que elementos de *design* instrucional, como *scaffolding*, podem otimizar o comportamento dos jogadores e reduzir a sobrecarga mental. As

[4] HoloLens é um dispositivo de realidade mista desenvolvido pela Microsoft, que combina hologramas com o ambiente físico. Mais informações disponíveis em: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

[5] Microsacadas são pequenos movimentos involuntários dos olhos durante a fixação, ocorrendo com frequência de cerca de 1 a 3 vezes por segundo, com duração entre 6 e 30ms (GU et al., 2024)

limitações mais recorrentes dessas abordagens incluem o alto custo de equipamentos (como *eye-trackers*), a dificuldade de generalizar os achados para outros contextos e a necessidade de processamento complexo dos dados comportamentais brutos.

3. Medidas de Desempenho: são utilizadas em 25 estudos (71,4% do total) como forma indireta de avaliar a carga cognitiva dos participantes durante os jogos educacionais. Nesse estudo, essas abordagens estão agrupadas em quatro subgrupos principais, com base nas variáveis analisadas e nas ferramentas empregadas. O primeiro e mais frequente grupo refere-se às *métricas in-game*, presentes em 13 artigos (APPEL et al., 2021; SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023; SEVCENKO et al., 2021; MAGANA et al., 2022; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; STILLER; SCHWORM, 2019; WALSH; SCHMOELZ, 2015; LEE et al., 2019; ALYAMI et al., 2019; NELSON; KETELHUT; SCHIFTER, 2010; CRIOLLO-C et al., 2024; GABANA et al., 2017; MILLER et al., 2019).

As ferramentas envolvem *logs* automáticos do jogo e sistemas de pontuação integrados. Como forma de evidenciar essas avaliações está o tempo necessário para completar tarefas, frequência de erros cometidos e progressão nos níveis. Essas variáveis comportamentais são analisadas como indicativos indiretos da carga cognitiva, por refletirem o esforço exigido, a eficiência nas decisões e a adaptação a desafios. Por exemplo, o estudo de Sevcenko et al. (2021) utilizou o Tempo de Atenção Dedicado (TADD, do inglês *Temporal Action Density Decay*) como preditor de sucesso em um jogo de emergência, alcançando 78% de acurácia. O TADD corresponde à densidade de ações realizadas pelo jogador ao longo do tempo em blocos de tarefa, sendo que valores menores indicam maior fluidez na execução e menor sobrecarga cognitiva.

O segundo grupo inclui medidas de *precisão em tarefas* específicas, adotadas em nove estudos (APPEL et al., 2021; SEVCENKO et al., 2021; MULQUEENY et al., 2015; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; STILLER; SCHWORM, 2019; SU, 2016; MOHAN et al., 2017; ALYAMI et al., 2019; CRIOLLO-C et al., 2024). Essas abordagens envolveram o uso de testes embutidos nos próprios jogos e análises de *replay* para avaliar o desempenho dos participantes em *quizzes*, simulações clínicas e tomadas de decisão. A lógica por trás dessas métricas é que, sob maior carga cognitiva, espera-se uma queda na precisão e na qualidade das respostas. Um exemplo representativo é o

estudo de Mohan et al. (2017), que demonstrou que médicos que jogaram o "*Night Shift*" cometeram 21% menos erros de sub-triagem em comparação com colegas treinados por aplicativos educativos, como o "*myATLS*" e o "*Trauma Life Support MCQ Review*".

O terceiro subgrupo, identificado em sete artigos, abordou a *eficiência no uso de recursos* durante a execução das tarefas (MULQUEENY et al., 2015; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; LEE et al., 2019; ALYAMI et al., 2019; NELSON; KETELHUT; SCHIFTER, 2010; GABANA et al., 2017; MILLER et al., 2019). Ferramentas como *heat-maps* e análises de trajetórias no ambiente do jogo para rastrear o comportamento dos participantes são empregadas. As evidências extraídas incluíram o uso estratégico de itens, a escolha de caminhos mais curtos e o monitoramento simultâneo de múltiplos elementos da interface. Essas métricas permitiram inferir a carga cognitiva a partir do grau de adaptação dos jogadores aos desafios apresentados. Um exemplo é o estudo Lee et al. (2019), no qual os participantes com melhor desempenho monitoraram três vezes mais recursos durante pausas estratégicas, indicando uma alocação de atenção mais eficiente e, portanto, uma menor sobrecarga cognitiva.

Por fim, seis artigos investigaram taxas de conclusão e abandono como indicadores de sobrecarga (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; CRIOLLO-C et al., 2024; GABANA et al., 2017; MILLER et al., 2019; LAW et al., 2010; WIKLUND et al., 2015). A análise é baseada em *logs* por sessão e no número de níveis concluídos, com foco em variáveis como o tempo médio de jogo, desistência diante de tarefas complexas e repetição de níveis. Esses dados oferecem pistas sobre momentos de sobrecarga ou queda de motivação dos jogadores. No estudo de Miller et al. (2019), por exemplo, o uso de níveis ramificados (uma estrutura de progressão não linear em que o jogador pode seguir diferentes caminhos conforme seu desempenho ou escolhas) reduziu em 35% a repetição de tarefas, sugerindo um equilíbrio mais eficaz entre desafio e carga cognitiva ao longo da experiência.

Apesar de sua relevância, as medidas de desempenho apresentam limitações. Algumas decorrem da artificialidade dos contextos simulados, que nem sempre representam cenários reais, como apontado no artigo (ALYAMI et al., 2019). Outras dizem respeito a variáveis confundidoras, como a experiência prévia dos participantes com

jogos, que pode enviesar os resultados (MILLER et al., 2019) Além disso, os dados brutos exigem processamento técnico complexo e interpretação mais sensível, isto é, capaz de captar variações sutis associadas à carga cognitiva a partir de métricas comportamentais aparentemente simples, como o tempo até a primeira ação. No estudo de Sevcenko et al. (2021), por exemplo, o cálculo do TADD exigiu a delimitação precisa de janelas temporais baseadas em modelos teóricos, e pequenas alterações nesses critérios poderiam impactar os resultados, demonstrando o nível de refinamento necessário para extrair conclusões válidas.

4. Medidas Fisiológicas: esse tipo de medida é adotado em dez estudos revisados (APPEL et al., 2021; SEVCENKO et al., 2021; SEVCENKO et al., 2022; POLAT et al., 2023; JERČIĆ; SENNERSTEN; LINDLEY, 2020; MITRE-HERNANDEZ; CARRILLO; LARA-ALVAREZ, 2021; REDLINGER; GLAS; RONG, 2022; MERCIER et al., 2020a; GABANA et al., 2017; PARSONS; REINEBOLD, 2012), contribuindo com uma forma objetiva de mensurar a carga cognitiva por meio da atividade biológica do corpo durante o jogo. As ferramentas mais utilizadas incluíram *eye-trackers*, fNIRS (espectroscopia no infravermelho próximo), EEG (eletroencefalograma) e sensores de resposta a atividade eletrodérmica (EDA) e a variabilidade da frequência cardíaca (HRV), ambas associadas ao estresse cognitivo.

A EDA mede a condutância elétrica da pele, que aumenta com a atividade das glândulas sudoríparas, que reflete níveis mais altos de ativação fisiológica ou esforço mental. Já a HRV representa a variação no tempo entre batimentos cardíacos consecutivos, sendo um marcador de equilíbrio fisiológico: sob alta carga cognitiva, essa variabilidade tende a diminuir. No estudo de Criollo et al. (2024), por exemplo, a EDA aumentou 35% durante os desafios de simulação de ataques cibernéticos, nos quais os jogadores precisavam identificar vulnerabilidades e tomar decisões rápidas para proteger sistemas em tempo real, fases caracterizadas por maior complexidade e exigência cognitiva. Já no trabalho de Gabana et al. (2017), observou-se uma correlação negativa entre HRV e dificuldade percebida (r = -0,68), sugerindo maior carga cognitiva em situações de menor variabilidade cardíaca.

A primeira e mais recorrente delas diz respeito aos sinais oculares, analisa-

dos em seis estudos (APPEL et al., 2021; JERČIĆ; SENNERSTEN; LINDLEY, 2020; MITRE-HERNANDEZ; CARRILLO; LARA-ALVAREZ, 2021; LEE et al., 2019; NELSON; KETELHUT; SCHIFTER, 2010; LAW et al., 2010). Aspectos como a dilatação pupilar e a frequência de microsacadas são medidos, que se mostraram altamente sensíveis a variações na carga cognitiva. Por exemplo, no estudo de Appel et al. (2021), os participantes apresentaram pupilas 15–20% mais dilatadas em tarefas mais difíceis, com acurácia de 67% na classificação dos níveis de carga cognitiva. Já o estudo Lee (2019) combinou o registro de microsacadas com autorrelato via NASA-TLX, validando o aumento de 40% nas microsacadas em contextos de maior exigência cognitiva.

A segunda categoria agrupa os estudos baseados em neuroimagem funcional, principalmente utilizando *fNIRS*, presente em quatro artigos. Essas abordagens focaram na oxigenação do córtex pré-frontal como um marcador direto de atividade cognitiva. No estudo de Sevcenko et al. (2022), por exemplo, observa-se um aumento significativo ($p<0,01$) na concentração de oxi-hemoglobina (HbO) durante tarefas complexas. Durante a realização de tarefas em um jogo de simulação de emergência com gerenciamento de múltiplos recursos sob pressão de tempo, a *fNIRS* demonstrou maior sensibilidade do que o EEG para detectar variações na carga cognitiva. Um destaque é o estudo posterior realizado pelos autores (SEVCENKO et al., 2023), que combinou fNIRS com *eye-tracking* e encontrou uma correlação robusta ($r=0,72$) entre HbO e o tempo de fixação ocular.

A terceira categoria diz respeito às respostas autonômicas, avaliadas por meio de sensores como o Empatica E4 e o Polar H7 em três estudos. Variáveis como a atividade eletrodérmica (EDA) e a variabilidade da frequência cardíaca (HRV) são monitoradas, associadas ao estresse cognitivo. No estudo de Criollo et al. (2024), por exemplo, a EDA aumentou 35% em tarefas críticas. Já no trabalho de Gabana et al. (2017), observou-se uma correlação negativa entre HRV e dificuldade percebida ($r = -0,68$), indicando maior carga cognitiva sob menor variabilidade cardíaca.

Apesar da robustez dessas medidas, algumas limitações devem ser consideradas. O alto custo de equipamentos como fNIRS e EEG restringe seu uso em contextos de pesquisa com menos recursos. Além disso, a maioria dos estudos é realizada em ambientes laboratoriais controlados, o que limita a generalização dos achados para

contextos naturais. Por fim, o uso de sensores e equipamentos acoplados pode interferir na naturalidade da experiência de jogo, afetando tanto o comportamento do jogador quanto a carga cognitiva envolvida.

Como recomendação para pesquisas futuras, destaca-se a importância de integrar múltiplas fontes fisiológicas para obter medidas mais precisas, seguindo, por exemplo, o método mencionado de combinação de fNIRS e *eye-tracking*. Outro avanço desejável é o desenvolvimento de algoritmos capazes de analisar esses sinais em tempo real, embora apenas dois estudos tenham implementado esse tipo de análise. A padronização de protocolos é uma demanda recorrente, visando permitir comparações mais consistentes entre diferentes pesquisas.

3.2.2 *Como a relação entre os elementos de jogos, carga cognitiva e design de interface é avaliada? (QP2)*

Para compreender a avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais, investigou-se se as interfaces desses jogos consideram princípios relacionados a essa carga. Identificaram-se nove estudos que exploram a relação entre elementos dos jogos e aspectos da carga cognitiva. Essas relações refletem-se em decisões de *design* de interface direcionadas à regulação de diferentes tipos de carga cognitiva. A correlação entre esses três domínios (mecânica de jogo, interface e carga) é estabelecida por meio de abordagens empíricas e fundamentação teórica, principalmente com base na TCC e na Teoria do *Flow*.

Os estudos identificados indicam que os autores abordam o *design* da interface como um elemento que media a relação entre as mecânicas de jogo e a carga cognitiva, por meio de escolhas visuais e funcionais que favorecem o processamento da informação. No estudo de Ouellete et al (2019), a implementação de um menu hierárquico com ícones temáticos para missões complexas reduziu em 40% o tempo de decisão dos jogadores e diminuiu significativamente o esforço mental relatado (NASA-TLX), evidenciando como a organização visual simplifica o processamento de informações. Em outro exemplo, o artigo de Seyderhelm et al. (2019) analisou o posicionamento de elementos críticos na área de maior atenção visual (canto superior direito para destros), observando uma

redução estatisticamente significativa ($p < 0,01$) na frequência de microsacadas oculares, o que indica menor sobrecarga cognitiva.

De forma complementar, na pesquisa de Alyami et al. (2019), os autores empregaram uma metáfora visual para representar o funcionamento da célula como uma fábrica, na qual organelas como o núcleo, o retículo endoplasmático e a mitocôndria assumem funções análogas a departamentos industriais (como controle, produção e energia). Essa escolha de *design* é implementada por meio de animações interativas com *zoom* em cada componente, permitindo aos jogadores explorar visualmente os processos celulares. Essa metáfora concreta facilitou a ativação de esquemas mentais pré-existentes, contribuindo para a redução da carga intrínseca associada à abstração biológica. Os resultados empíricos indicaram uma redução de 35% nos erros conceituais em testes pós-jogo, validando que esse tipo de analogia no *design* da interface melhora a assimilação de conteúdos complexos.

A Tabela 2 sintetiza como diferentes elementos de jogo são operacionalizados no *design* de interface com efeitos específicos sobre a carga cognitiva, conforme evidenciado empiricamente nos estudos analisados.

3.2.3 *Quais as evidências entre os elementos presentes na interface do jogo que relacionam a jogabilidade com o design visual? (QP3)*

As descrições explícitas de variáveis são consideradas evidências, pois representam características da interface avaliadas nos estudos que podem influenciar a percepção, o desempenho ou o esforço mental do jogador. Essas variáveis são analisadas com base nos jogos apresentados em cada artigo, levando em conta os diferentes objetivos educacionais, mecânicas, dinâmicas e contextos de aplicação. Ao todo, 14 estudos apresentaram essas evidências de maneira objetiva, permitindo organizá-las qualitativamente em três categorias principais, descritas a seguir.

A primeira categoria agrupa variáveis relacionadas a *aspectos visuais* e a *navegação*, incluindo complexidade gráfica, *feedback* visual e sonoro, clareza das instruções,

Tabela 2 – Relação entre elementos de jogo, design de interface e carga cognitiva

Artigo	**Elemento de Jogo**	**Design da Interface**	**Efeito na Carga Cognitiva**	**Método de Evidência**
(SEVCENKO et al., 2021)	Tempo limitado por nível	Barra de tempo + alertas sonoros	Reduz carga extrínseca por sinalização não-verbal (TCC)	NGT + NASA-TLX
(OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019)	Missões paralelas e ramificadas	Menu hierárquico com ícones	Segmenta tarefas, reduz carga intrínseca	Análise de curva de dificuldade
(SU, 2016)	Feedback imediato de erros	Ícones visuais + cores	Favorece carga germânica ao reforçar esquemas	Paas Scale + questionário pós-jogo
(SEYDERHELM; BLACKMORE; NESBITT, 2019)	Desafio adaptativo	Dificuldade ajustada com eye-tracking	Otimiza carga intrínseca e evita sobrecarga	Pupila + virDRT
(ALYAMI et al., 2019)	Metáforas visuais 3D	Células como fábricas (zoom em organelas)	Reduz carga intrínseca com analogias visuais	Pré/pós-teste + CLS
(PARSONS; REINEBOLD, 2012)	Narrativa ramificada	Diálogos contextuais e posicionados	Diminui carga extrínseca via estrutura sequencial clara	EEG (theta/alpha)
(MILLER et al., 2019)	Sistema de badges	Feedback visual lateral persistente	Estimula carga germânica sem distração	Logs de comportamento
(MOHAN et al., 2017)	Decisão rápida em simulações	Botões com ícones e cores codificadas	Reduz carga temporal (reconhecimento rápido)	Taxa de subtriagem correta
(LEE et al., 2019)	Puzzles e dicas contextuais	Tooltips acionados por hover	Controla carga extrínseca com info sob demanda	Eye-tracking (Tobii)

responsividade e acessibilidade (APPEL et al., 2021; SEVCENKO et al., 2021; MULQUEENY et al., 2015; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; STILLER; SCHWORM, 2019; WALSH; SCHMOELZ, 2015). A Figura 6 apresenta um *heatmap* com a distribuição das variáveis identificadas em cada um dos estudos desta categoria. É possível observar que variáveis como usabilidade e *feedback* aparecem em mais de um estudo, indicando certa convergência na forma como os autores avaliam a qualidade da interface. Por outro lado, variáveis como complexidade visual e percepção de padrões visuais são identificadas em estudos específicos e refletem abordagens mais direcionadas ao tipo de tarefa ou conteúdo do jogo.

Apesar das categorias compartilhadas, os significados atribuídos a cada variável variam de acordo com o contexto do jogo analisado. A seguir, são descritas as interpretações específicas dessas variáveis conforme cada estudo:

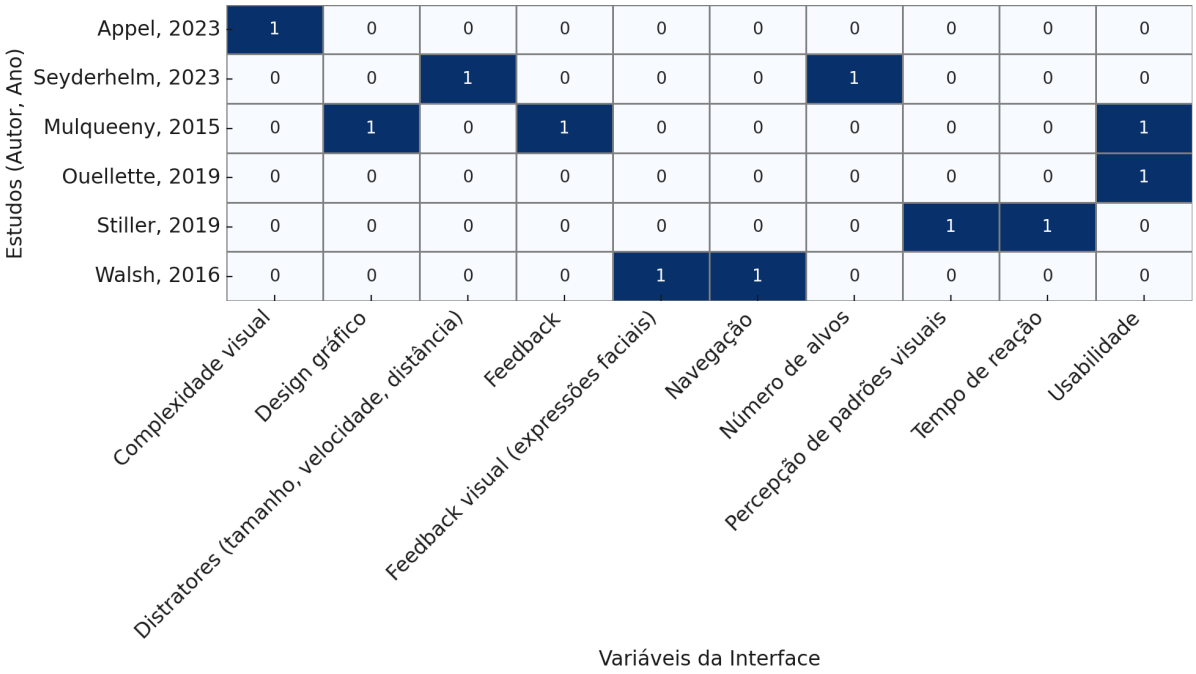


Figura 6 – Distribuição das variáveis visuais e de navegação identificadas nos estudos analisados.

- **Complexidade visual:** refere-se à quantidade e disposição dos elementos exibidos simultaneamente na tela, o que influencia diretamente a manutenção da atenção durante a tarefa (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019).

- **Ajuste visual e responsividade da interface:** avaliados com base na adaptação do *layout* a diferentes dispositivos, como *smartphones* e *desktops*, considerando mudanças no tamanho da tela, forma de interação e estrutura visual, a fim de garantir consistência nas interações e nos dados coletados sobre carga cognitiva (APPEL et al., 2021).

- **Número, tamanho e velocidade dos alvos e distratores:** são manipulados para alterar a dificuldade da tarefa, influenciando o tempo de resposta e o esforço perceptual exigido do jogador (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023).

- **Design gráfico e clareza das instruções:** estão associados à forma como a informação é apresentada, com ênfase na consistência visual e compreensão imediata do que deve ser feito no jogo (MULQUEENY et al., 2015).

- **Percepção de padrões visuais e tempo de reação:** estão relacionados à capacidade

de reconhecer estímulos visuais rapidamente e responder com precisão, exigindo processamento perceptivo ágil (STILLER; SCHWORM, 2019).

- **Navegação e *feedback* visual:** referem-se à facilidade de orientação no ambiente do jogo e ao uso de expressões faciais dos personagens não jogáveis para sinalizar, de forma não verbal, se a escolha do jogador durante a interação é adequada ou inadequada (WALSH; SCHMOELZ, 2015).

A segunda categoria refere-se a *elementos estruturais da interface e sua influência no desempenho*, reunindo estudos que analisaram como a forma de organização e apresentação dos elementos na interface impacta a execução de tarefas no jogo. As variáveis extraídas estão relacionadas à disposição visual de informações, clareza das instruções, tipo de representação adotada e caminhos de navegação. A seguir, são listadas as variáveis identificadas em cada estudo:

- **Tempo de tarefa, precisão e taxa de erro:** utilizados como indicadores objetivos de desempenho para avaliar se a organização das tarefas e dos elementos na interface favorece ou dificulta a execução das atividades propostas no jogo. As telas são desenvolvidas com base na Teoria dos Recursos Compartilhados Baseados no Tempo (TBRS), a qual propõe que o desempenho depende da distribuição do tempo entre a manutenção e o processamento de informações na memória de trabalho (SEVCENKO et al., 2021; BARROUILLET; BERNARDIN; CAMOS, 2004).

- **Usabilidade e clareza da apresentação:** referem-se à facilidade de navegação e entendimento das ações no ambiente do jogo, analisadas a partir da estrutura da interface e de como as instruções e elementos visuais são apresentados (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019).

- **Percepção de utilidade da interface e *feedbacks* imediatos:** são avaliados com foco na influência da apresentação da informação e das respostas do sistema sobre o engajamento e o desempenho dos jogadores (MILLER et al., 2019).

- **Fixações oculares e transições visuais:** medem o tempo e a frequência com que os jogadores observam diferentes áreas da tela. Essas variáveis são utilizadas para

investigar o quanto a distribuição visual das informações exige esforço durante a resolução de problemas (LEE et al., 2019).

- **Tipo de representação visual:** associado à dificuldade percebida, é analisado para verificar se diferentes formas de exibir a mesma informação na interface impactam a compreensão e o desempenho dos jogadores (ALYAMI et al., 2019).

- **Organização e estrutura da interface:** associadas à forma como as instruções e objetivos são apresentados no jogo, influenciando o tempo necessário para entendimento e execução das tarefas (WOO, 2014).

- **Percepção de dificuldade da tarefa:** relacionada à forma como os elementos da interface são apresentados em diferentes níveis de exigência, influenciando o desempenho ao longo do jogo. O trabalho de Seyderhelm e Blackmore (2023) investiga a validade de um método embutido no jogo para medir a carga cognitiva em tempo real (virDRT). A análise de tarefas como manter distância de um veículo e seguir direções verbais permitiu investigar como a estética visual e a complexidade das ações propostas impactam a experiência do jogador, sugerindo uma relação indireta entre jogabilidade e *design* visual (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023).

A terceira categoria refere-se a variáveis associadas à *motivação*, ao *engajamento* e ao *desempenho* dos jogadores, observadas a partir de elementos que integram a mecânica do jogo e seus estímulos visuais e interativos. Os estudos agrupados nessa categoria exploram como componentes gamificados, padrões de atenção visual e desempenho nas tarefas podem indicar relações entre a interface e a permanência ou sucesso dos jogadores nas atividades propostas.

- **Elementos de gamificação:** avatares, pontos, níveis, *rankings*, *badges*, prêmios, *feedback* instantâneo, *storytelling*, cooperação e competição são utilizados, como forma de promover o engajamento e tornar a progressão mais envolvente, com indicadores visuais contínuos do desempenho do jogador (SU, 2016).

- **Fixações oculares, tempo de reação e taxa de acertos em intervenções:** essas variáveis são analisadas com base no *layout* da interface e na distribuição dos elementos interativos em um jogo de simulação médica, permitindo relacionar a clareza e acessibilidade dos comandos ao desempenho dos jogadores (MOHAN et al., 2017).

- **Pontuação visível, recompensas e controle pessoal:** a interface incluía *feedback* visual em tempo real, progressão por fases e elementos motivacionais integrados ao *design* do jogo, como *health points* e *rankings*, utilizados para sustentar a motivação intrínseca dos jogadores (WOO, 2014).

Portanto, os 14 estudos analisados apresentam diferentes estratégias metodológicas, nas 3 categorias acima, para investigar a relação entre os elementos da interface e a experiência de jogo. A partir da avaliação de variáveis como organização visual, *feedbacks*, elementos de gamificação, padrões de navegação e controle das tarefas, é possível observar como o *design* visual e interativo pode afetar diretamente a fluidez da jogabilidade, o esforço mental e o desempenho do jogador.

3.2.4 Discussões

A análise dos 38 estudos[6] selecionados (listados no Apêndice A) permitiu compreender com maior precisão as abordagens metodológicas, teóricas e instrumentais adotadas para mensurar a carga cognitiva em jogos educacionais. Nesta seção são discutidos os achados do mapeamento, de acordo com as três QPs, destacando tanto os avanços observados quanto as limitações metodológicas e conceituais localizadas.

Um dos aspectos mais apontados nos artigos filtrados é o uso de medidas subjetivas baseadas em questionários, tanto padronizados (como NASA-TLX, Escala de Paas e CLS) quanto adaptados ou elaborados especificamente para o jogo analisado. Embora esses instrumentos estejam presentes na totalidade dos estudos (N=38), eles

[6] Documentação dos estudos incluídos: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZCzaOjbsV-1ho1mCEtn7TrZ40dwWdbQk/edit?usp=sharing&ouid=112822733744471489084&rtpof=true&sd=true>

raramente são a única fonte de informação: em grande parte dos casos, apareceram combinados a métricas comportamentais, de desempenho ou fisiológicas, ou ainda a métodos alinhados aos objetivos educacionais e teorias baseadas no tempo para estimar a carga cognitiva dos jogadores. Uma parcela relevante recorreu a questionários *ad-hoc* ou com adaptações pouco documentadas, o que levanta questões sobre comparabilidade e validade.

A utilização de instrumentos não padronizados levanta preocupações metodológicas, principalmente em relação à confiabilidade dos dados, à comparabilidade entre estudos e à validade das inferências realizadas. Assim, a maioria dos artigos contorna esse problema por meio da triangulação com outros tipos de dados, como métricas comportamentais (ex.: *logs in-game*), fisiológicas (ex.: dilatação pupilar, EEG, EDA, *fNIRS*) e de desempenho (ex.: taxa de erro, tempo de resposta). A combinação de diferentes tipos de dados permitiu identificar com mais segurança a presença e as variações da carga cognitiva nos contextos analisados, mesmo quando as medidas subjetivas utilizadas não possuíam validação formal completa (ALYAMI et al., 2019). Além disso, questionários *ad-hoc* mostraram-se sensíveis ao contexto do jogo, permitindo captar aspectos que escalas padronizadas nem sempre contemplam, como (i) frustração diante de falhas de interface, (ii) confusão com instruções ou (iii) sobrecarga em situações altamente visuais.

Como mencionado nos Capítulo 1 e 2, a TCC é originalmente desenvolvida para explicar como a estrutura de tarefas afeta o desempenho e a aprendizagem em contextos instrucionais tradicionais. No entanto, seu uso em ambientes como jogos digitais exige adaptações conceituais, visto que possuem múltiplos estímulos simultâneos, interfaces que exigem mais interação do usuário e elevada carga sensório-motora. O mapeamento mostra que todos os artigos aprovados fazem algum uso da TCC como base teórica, direta ou indiretamente, inclusive em combinação com outras abordagens, como a Teoria do *Flow*, a Teoria dos Recursos Compartilhados e modelos de gamificação (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; SEVCENKO et al., 2021; SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023; MULQUEENY et al., 2015; SU, 2016).

Essa apropriação da TCC ocorre, sobretudo, ao transformar cada tipo de carga

cognitiva em um critério operacional para analisar aspectos concretos do jogo. Assim, a carga extrínseca é associada à clareza das instruções e à navegabilidade; a carga intrínseca, à complexidade dos conceitos ou tarefas propostas; e a carga germânica, ao engajamento produtivo do jogador na resolução das atividades. Os estudos analisados utilizam a TCC dessa forma para mapear relações entre estrutura do jogo, interface e processamento cognitivo. Em alguns casos, essa aplicação é complementada por abordagens adaptativas, como sistemas de ajuste dinâmico de dificuldade (MERCIER et al., 2020b), ou pela integração com métricas de engajamento e *game metrics* para ampliar a compreensão do impacto do *design* (MILLER et al., 2019), demonstrando que a teoria pode ser ajustada para capturar dimensões específicas de ambientes digitais interativos.

A diversidade de métodos identificados indica que a carga cognitiva é um constructo cuja avaliação exige mais de uma forma de observação. A maior parte dos estudos combina instrumentos subjetivos com métricas comportamentais e/ou fisiológicas, o que amplia a robustez das análises (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019; SEVCENKO et al., 2021; APPEL et al., 2021; ALYAMI et al., 2019; CRIOLLO-C et al., 2024). Destacam-se, por exemplo: (i) o uso de métricas *in-game*, como o Tempo de Atenção Dedicado, que correlaciona o foco atencional com o desempenho em tarefas de emergência (SEVCENKO et al., 2021); (ii) a análise de fixações oculares, dilatação pupilar e microsacadas como marcadores da exigência cognitiva em tarefas específicas (APPEL et al., 2021; OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019); (iii) o monitoramento da oxigenação do córtex pré-frontal via *fNIRS*, correlacionada com o esforço mental em jogos de simulação (ALYAMI et al., 2019); e (iv) a coleta de dados de HRV e EDA, indicativos de sobrecarga cognitiva associada à pressão ou à multitarefa (CRIOLLO-C et al., 2024). Essas estratégias não apenas complementam as medidas subjetivas, mas também revelam padrões sutis que seriam invisíveis em avaliações pontuais ou com instrumentos genéricos. Por outro lado, muitas dessas abordagens demandam infraestrutura de pesquisa avançada, o que pode limitar sua aplicação em estudos de campo ou em larga escala.

Do ponto de vista metodológico, os trabalhos analisados apresentam limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados, sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Limitações metodológicas identificadas nos estudos revisados.

Limitações	**Estudos**
Tamanhos amostrais reduzidos e pouca diversidade de participantes, com predominância de perfis específicos (ex.: estudantes universitários).	(ALYAMI et al., 2019), (SEVCENKO et al., 2021), (GUPTA et al., 2016), (GABANA et al., 2017), (BRUNZINI; PAPETTI ALESSANDRA; GERMANI, 2022), (KICKMEIER-RUST et al., 2008), (MOHAN et al., 2017), (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023), (APPEL et al., 2021), (BETTS et al., 2023)
Ambientes laboratoriais controlados que não refletem o uso real dos jogos.	(WOO, 2014), (CRIOLLO-C et al., 2024), (NIHALANI; ROBINSON, 2022), (MOHAN et al., 2017), (SEVCENKO et al., 2023)
Ausência de padronização de protocolos e falta de validação formal de escalas aplicadas (baixa consistência interna).	(OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019), (APPEL et al., 2021), (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023), (KOTZEBUE; ZUMBACH; BRANDLMAYR, 2022)
Não consideração simultânea dos três tipos de carga cognitiva (intrínseca, extrínseca e germânica) na fase de concepção do jogo, restringindo a análise a percepções pós-teste.	(SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023), (APPEL et al., 2021), (ALYAMI et al., 2019), (CRIOLLO-C et al., 2024), (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019), (STILLER; SCHWORM, 2019), (KOTZEBUE; ZUMBACH; BRANDLMAYR, 2022), (MULQUEENY et al., 2015)
Dependência de instrumentação especializada (ex.: *eye-tracking*, fNIRS, EDA, HRV), que eleva custos e limita replicações em estudos de campo ou com grandes amostras.	(APPEL et al., 2021), (SEVCENKO et al., 2022), (LAW et al., 2010)
Falta de acompanhamento longitudinal para identificar variações de carga cognitiva ao longo de diferentes fases ou sessões de jogo.	(HWANG; LIN; CHANG, 2024), (ALYAMI et al., 2019), (MAGANA et al., 2022), (MULQUEENY et al., 2015), (NIHALANI; ROBINSON, 2022), (STILLER; SCHWORM, 2019)
Viés de autoavaliação nas medidas subjetivas, quando não trianguladas com dados comportamentais ou fisiológicos.	(SEVCENKO et al., 2021), (SEYDERHELM; BLACKMORE, 2023), (MULQUEENY et al., 2015)
Pouca explicitação da relação entre as métricas coletadas e os princípios da TCAM.	(CRIOLLO-C et al., 2024), (GUPTA et al., 2016), (MULQUEENY et al., 2015), (OUELLETTE; BREEDING; CLARK, 2019), (BIESEN et al., 2017)

Além das limitações já apontadas, ameaças à validade que afetam a interpretação e a generalização dos resultados também são identificadas, como: (i) efeito de aprendizagem ou fadiga em estudos repetidos; (ii) uso de jogos ou protótipos muito específicos; (iii) desalinhamento entre instrumentos aplicados e conceitos teóricos; e (iv) fragilidade ou ausência de tratamento estatístico em estudos exploratórios com poucos participantes.

De forma geral, a MSL mostrou que a mensuração da carga cognitiva em jogos educacionais carece de padronização, mas já dispõe de evidências consistentes sobre

métodos e variáveis capazes de capturar esse fenômeno. As QPs evidenciaram que: (i) medidas subjetivas, principalmente o NASA-TLX, continuam predominantes, mas ganham robustez quando associadas a métricas comportamentais, de desempenho e fisiológicas, embora apresentem limitações, como a dependência da percepção do participante e a dificuldade de capturar flutuações rápidas durante a tarefa (DURAN; ZAVGORODNIAIA; SORVA, 2022); (ii) o *design* da interface atua como mediador entre elementos de jogo e carga cognitiva, e ajustes visuais, metáforas concretas e organização hierárquica da informação podem reduzir sobrecarga e favorecer a aprendizagem; e (iii) variáveis como clareza das instruções, responsividade, *feedbacks* imediatos e elementos de gamificação estão diretamente associadas à fluidez da jogabilidade, ao engajamento e ao desempenho.

Para esta dissertação, esses resultados reiteram a pertinência de considerar um modelo de avaliação que integre múltiplas fontes de dados e analise não apenas dimensões cognitivas, mas também perceptivas e interativas (como a realização de missões/atividades nos jogos), a fim de compreender com maior profundidade o impacto do *design* de interface sobre a carga cognitiva em jogos educacionais.

4

AVALIANDO INTERFACES DE JOGOS EDUCACIONAIS COM BASE NA TCAM

Este capítulo apresenta a primeira parte da proposta deste trabalho, um modelo avaliativo para interfaces de jogos educacionais digitais, fundamentado nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Richard Mayer (2009). O objetivo é verificar a aplicabilidade desses princípios nas referidas interfaces, visando identificar pontos fortes e aspectos que necessitam de aprimoramento no *design* multimídia e no *game design* educacional. Esse objetivo foi estabelecido com base nos achados registrados no mapeamento sistemático da literatura, no Capítulo 3 que indicaram que avaliações baseadas apenas em medidas de carga cognitiva e usabilidade podem não ser suficientes para identificar com clareza os elementos de interface que favorecem ou comprometem a aprendizagem. Assim, torna-se necessário propor um instrumento para orientar a avaliação dessas interfaces.

A proposta busca responder à QP(2) *De que forma os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia podem contribuir para a avaliação de interface de jogos educacionais?* Para isso, esse capítulo demonstra como os princípios de *design* podem ser convertidos em critérios de análise de interface, permitindo a avaliação objetiva dos elementos de interação nos jogos. Esses critérios devem facilitar a identificação de problemas de usabilidade e oportunidades de aprimoramento, direcionando o desenvolvimento para uma experiência mais intuitiva e eficiente. No escopo da DSR, este capítulo situa-se no Ciclo de *Design*, ao propor e estruturar um instrumento de avaliação

baseado na TCAM para compor o modelo PEACH[1].

Este capítulo está organizado em cinco etapas principais, como mostra a Figura 7 e descrito a seguir.

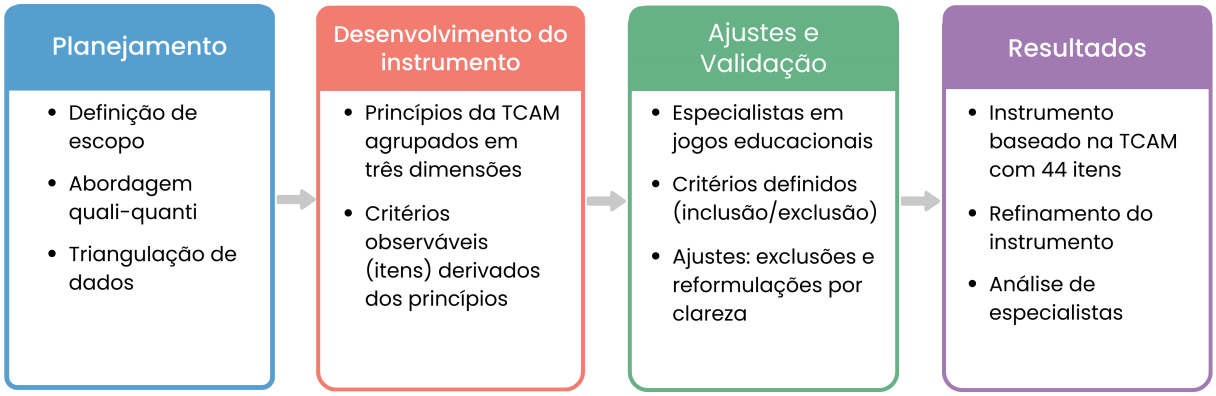


Figura 7 – Etapas da criação do instrumento de avaliação baseado na TCAM.

4.1 Planejamento

Nesta fase, apresenta-se uma pesquisa de caráter misto, com uma abordagem quali-quanti e exploratória, na qual a vertente qualitativa busca compreender fenômenos em profundidade por meio de dados descritivos, enquanto a quantitativa se baseia na mensuração e análise numérica dos dados (TISDELL; MERRIAM; STUCKEY-PEYROT, 2025). Esta pesquisa tem como escopo o desenvolvimento de um artefato para a avaliação de interfaces em jogos educacionais digitais, fundamentado na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, visando orientar o *design* desses jogos de forma a prevenir a sobrecarga cognitiva.

Os aspectos a serem avaliados concentram-se em critérios derivados dos princípios da TCAM, analisados na perspectiva de pesquisadores e de especialistas em jogos educacionais, apresentados na próxima seção.

Esse processo conta com três fontes de dados distintas para realizar a triangulação de dados: i) análise de fatores descritos na literatura sobre avaliação de interfaces de jogos educacionais com base na TCAM, para interpretar os resultados e reforçar ou questionar as evidências encontradas; ii) aplicação-piloto dos itens em jogos educacio-

[1] Neste capítulo, o PEACH é desenvolvido em sua dimensão voltada à aplicação dos princípios da TCAM, ampliando o modelo introduzido no Capítulo 1.

nais, com o objetivo de verificar a clareza e a utilidade prática dos critérios oriundos da TCAM; e iii) análise de especialistas quanto à clareza, pertinência e suficiência dos itens decorrentes dos princípios da TCAM, permitindo ajustes conceituais e operacionais do modelo. A Figura 8 ilustra essa triangulação.

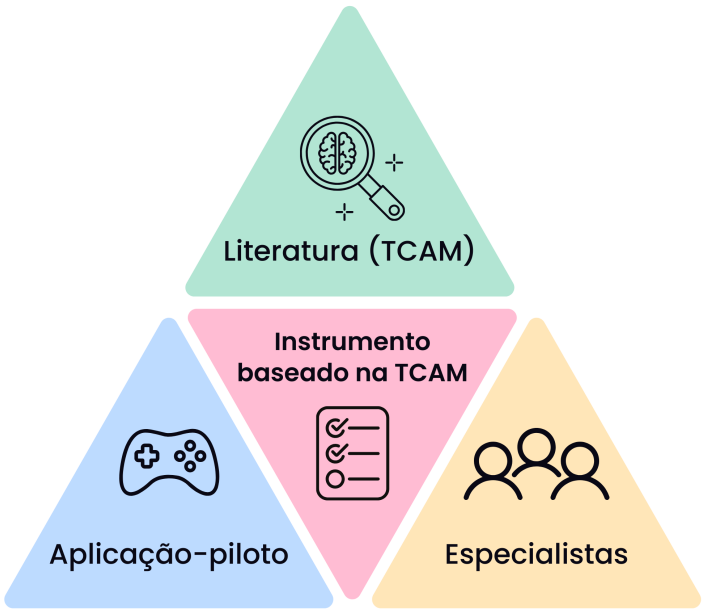


Figura 8 – Triangulação de fontes para consolidar o instrumento baseado na TCAM.

4.2 Desenvolvimento do Instrumento

Com os objetivos definidos na etapa anterior, esta seção descreve o processo de construção do modelo de avaliação com base nos princípios da TCAM. A construção do modelo seguiu quatro etapas principais:

- (i) análise conceitual dos princípios da TCAM;
- (ii) levantamento bibliográfico sobre sua aplicação em jogos educacionais;
- (iii) definição de critérios avaliativos com base nas evidências teóricas e empíricas;
- (iv) elaboração do artefato avaliativo em formato de questionário.

4.2.1 Análise dos princípios da TCAM

Esta etapa corresponde à delimitação dos critérios teóricos que orientam o modelo de avaliação proposto. Trata-se de uma abordagem baseada em teoria, na qual princípios conceituais previamente estabelecidos são utilizados como referência para a formulação de categorias de análise e definição de indicadores (BAUER; GASKELL, 2000).

A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia foi selecionada por oferecer princípios cognitivos aplicáveis ao *design* e à avaliação de recursos multimídia, principalmente quanto à forma como elementos verbais e visuais devem ser organizados para promover aprendizagem significativa (MAYER, 2009; MAYER, 2014b). Esses princípios foram adotados como referência para identificar aspectos de interface associados ao processamento cognitivo, como a organização espacial entre textos e imagens, a clareza das instruções, o uso de materiais auditivos e visuais e a eliminação de informações irrelevantes, os quais orientaram a definição das categorias avaliativas e a formulação dos itens do instrumento (MAYER, 2014b; KIRSCHNER et al., 2023).

Para fins metodológicos, os princípios da TCAM foram agrupados em três dimensões principais (MAYER, 2005):

- (i) **redução do processamento extrínseco**, que ocorre quando o aprendiz precisa lidar com informações irrelevantes ou apresentadas de forma confusa pelo design, desviando a atenção do conteúdo principal; princípios como coerência, sinalização, redundância e contiguidade ajudam a minimizar esse efeito;

- (ii) **gerenciamento do processamento essencial**, relacionado à complexidade própria do conteúdo que deve ser compreendido para formar representações mentais; pode ser facilitado por estratégias como segmentação, pré-treinamento e modalidade;

- (iii) **promoção do processamento germano**[2], que envolve o esforço mental dedicado a organizar as novas informações em representações significativas e relacioná-

[2] O termo "germano" refere-se ao processamento *generative* (germane) (MAYER, 2005), isto é, o esforço mental voltado a estruturar o novo conteúdo em um modelo coerente e conectá-lo ao conhecimento prévio.

las ao conhecimento já existente; pode ser estimulado pelo uso de multimídia, personalização, voz e imagem.

A Tabela 4 apresenta os princípios da TCAM considerados nesta proposta, sistematizados como referência para a construção do instrumento avaliativo.

Tabela 4 – Princípios da TCAM (MAYER, 2009).

Princípio	**Definição**
Multimídia	As pessoas aprendem melhor com palavras e imagens do que apenas com palavras.
Atenção dividida (ou contiguidade espacial)	Aprendizagem melhora quando texto e imagem estão próximos no espaço.
Modalidade	Melhor usar narração com imagens do que texto com imagens.
Redundância	Aprender piora quando o mesmo conteúdo é apresentado simultaneamente em texto e voz.
Sinalização	Destacar informações relevantes ajuda na aprendizagem.
Coerência	Remover conteúdos que não contribuem diretamente para o aprendizado melhora o foco e a aprendizagem.
Contiguidade temporal	Palavras e imagens devem ser apresentadas ao mesmo tempo.
Segmentação	A aprendizagem melhora quando o conteúdo é apresentado em partes controláveis.
Personalização	A linguagem conversacional favorece o aprendizado.
Voz	A fala humana natural favorece mais que voz robótica.
Imagem	A presença da imagem do narrador nem sempre melhora o aprendizado.

A organização desses princípios permitiu estabelecer a base conceitual necessária para a formulação do instrumento de avaliação. No entanto, para garantir sua pertinência ao contexto dos jogos educacionais digitais, tornou-se necessário complementar essa fundamentação com uma revisão da literatura, identificando como os princípios da TCAM têm sido aplicados e discutidos em pesquisas recentes, descritas a seguir.

4.2.2 Levantamento bibliográfico

A segunda etapa consistiu na realização de um levantamento bibliográfico com o objetivo de verificar como os princípios da TCAM (MAYER, 2005; MAYER, 2009) vêm sendo empregados em estudos sobre jogos educacionais digitais. O levantamento teve caráter direcionado, buscando identificar trabalhos que utilizassem explicitamente a teoria como base conceitual ou que propusessem abordagens avaliativas relacionadas ao processamento cognitivo em ambientes digitais de aprendizagem. Para isso, foram estabelecidos critérios de seleção que fossem: (i) fundamentados na TCAM, (ii) voltados à avaliação de sistemas virtuais de aprendizagem, com ênfase em jogos digitais, e (iii) disponíveis em texto completo em português ou inglês. A busca foi realizada na base de dados *Scopus*, selecionada por sua abrangência e relevância na área de educação e tecnologias.

A análise dos trabalhos revisados (FERNANDES et al., 2024; IBRAHIM; SWEETSER; OZDOWSKA, 2023; EMERSON et al., 2020; ALVES et al., 2024; KIRSCHNER et al., 2023; SCHNEIDER et al., 2022) evidenciou que fatores como motivação, engajamento e usabilidade são recorrentes, enquanto os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia ainda são pouco explorados em jogos educacionais. Observou-se, também, que alguns estudos utilizam medidas de autorrelato (KLEPSCH; SEUFERT, 2020), registros de interação (*logs*) (SEVCENKO et al., 2021) e técnicas biométricas (JARODZKA et al., 2015; MERCIER et al., 2020a) para investigar a carga cognitiva, embora nem sempre permitam avaliar diretamente a aplicação dos princípios da TCAM.

Entre os trabalhos identificados, destacou-se a proposta de Moreno (2006), que ampliou a TCAM ao formular a *Cognitive-Affective Theory of Learning with Media* (CATLM). Diferente da TCAM de Mayer, que se restringe ao processamento cognitivo da informação (seleção, organização e integração de palavras e imagens na memória de trabalho) (MAYER, 2001; MAYER, 2009), a CATLM incorpora dimensões afetivas e motivacionais, reconhecendo o papel de fatores como interesse, engajamento e monitoramento metacognitivo na aprendizagem multimídia. Além disso, estabelece princípios instrucionais tanto para a redução do processamento extrínseco (eliminar informações irrelevantes, evitar redundância, sincronizar palavra e imagem) quanto para o estí-

mulo ao processamento essencial (personalizar a mensagem, permitir interatividade, incentivar reflexão). De forma complementar, Schneider et al. (2022) avançaram nesse caminho ao propor a *Cognitive-Affective-Social Theory of Learning in Digital Environments* (CASTLE), que acrescenta a dimensão social à proposta de Moreno. Nessa perspectiva, o uso de "pistas sociais" (por exemplo: agentes virtuais que interagem em primeira ou segunda pessoa, expressões faciais animadas, gestos e feedback em tom conversacional) leva o aprendiz a interpretar a interação como social, ativando esquemas de comunicação humano-humano que influenciam diretamente os processos cognitivos, afetivos e motivacionais envolvidos na aprendizagem.

A Tabela 5 sintetiza os principais fatores avaliados nos estudos revisados, evidenciando a diversidade de enfoques e indicando que a aplicação dos princípios da TCAM em jogos educacionais ainda é pouco explorada.

Tabela 5 – Fatores avaliados nos trabalhos revisados sobre jogos educacionais digitais.

Critério	**Fernandes et al. (2024)**	**Ibrahim et al. (2023)**	**Emerson et al. (2020)**	**Alves et al. (2024)**	**Kirschner et al. (2023)**	**Schneider et al. (2022)**	**Moreno (2006)**	**Modelo Proposto**
Motivação	X			X		X	X	
Engajamento	X	X	X	X		X	X	
Usabilidade	X	X		X	X			X
Aprendizagem	X	X	X	X			X	X
Princípios da TCAM		X		X	X		X	X
Feedback ao jogador		X				X	X	X
Narrativa / História				X				X
Design de Interface	X	X			X		X	X
Experiência do Usuário	X	X	X	X	X	X	X	X
Teste com usuários	X	X	X	X	X			X
Desempenho do jogador			X		X			X
Avaliação de *Game Design*		X						X

4.2.3 Definição de métricas

Considerando que o levantamento bibliográfico evidenciou que a aplicação dos princípios da TCAM em jogos educacionais digitais ainda é pouco explorada, buscou-se avançar na sua operacionalização por meio da formulação de critérios avaliativos observáveis. O objetivo desta etapa foi transformar cada princípio em itens que pudessem ser verificados na prática, de modo a estabelecer critérios claros e comparáveis para análise de interfaces (PASQUALI, 2017; DEVELLIS, 2017).

Os itens definidos contemplam aspectos visuais (como a organização espacial dos elementos, a coerência entre texto e imagem, o uso de cores e símbolos) e funcionais (como o comportamento dos botões, a fluidez da navegação e a clareza do *feedback* oferecido ao usuário). A intenção foi estabelecer critérios avaliativos que permitissem aferir em que medida a interface de um jogo educacional adere ou não às diretrizes cognitivas propostas pela teoria.

Além dos princípios teóricos, a definição dos itens também foi apoiada por uma análise exploratória de jogos educacionais já desenvolvidos (MACENA; PIRES; MELO, 2022; Plenarinho, 2024; ANDREUCCI et al., 2024; NIPO et al., 2024; BORDIN et al., 2022; NASCIMENTO et al., 2023). Essa etapa teve como finalidade identificar aspectos comuns de interface que auxiliassem na formulação dos critérios avaliativos, como descrito a seguir:

1. **Presença e papel dos personagens:** personagens desempenham múltiplas funções nos jogos educacionais, como guiar a narrativa, representar o tutor instrucional ou criar empatia com o jogador. Essa participação pode contribuir para o princípio da personalização (MAYER, 2005; MAYER, 2014b), ao promover uma linguagem mais informal e engajadora, e também para o princípio da coerência (MAYER, 2009), quando bem alinhados ao objetivo pedagógico.

2. **Mecânicas de jogo adotadas:** as mecânicas determinam como o jogador interage com o conteúdo. Quando alinhadas ao conteúdo educacional, elas podem reforçar o princípio da segmentação (divisão do conteúdo em partes controladas) (MAYER, 2005), contiguidade temporal (ação e *feedback* simultâneos) (MAYER, 2014b) e

sinalização (indicação clara dos objetivos ou próximas etapas) (MAYER, 2009). Já mecânicas mal calibradas podem gerar sobrecarga cognitiva (SWELLER, 2011).

3. ***Feedback* fornecido ao jogador:** é essencial tanto para a experiência do usuário quanto para o aprendizado. Ele se relaciona ao princípio da multimídia (uso combinado de canais sensoriais) (MAYER, 2001), da modalidade (exemplo: *feedback* visual e auditivo) (MAYER, 2009), e também contribui para a redução da carga cognitiva extrínseca, ao orientar a ação sem exigir esforço adicional de interpretação (SWELLER, 2011).

4. **Fluxo de aprendizagem e organização do conteúdo:** a sequência em que o conteúdo é apresentado pode afetar diretamente o entendimento do aprendiz (MAYER, 2019). Um fluxo bem planejado se relaciona com os princípios da coerência (eliminação de distrações) (MAYER, 2005), segmentação (fases e níveis bem definidos) (MAYER, 2014b) e contiguidade espacial (proximidade entre informação e representação visual) (MAYER, 2001). Também influencia a percepção geral de usabilidade e navegação fluida no jogo (HODENT, 2017).

A inclusão desses elementos buscou garantir que os critérios avaliativos propostos fossem sensíveis às características reais do *game design* educacional, permitindo identificar, de forma prática, a aplicação ou a ausência dos princípios cognitivos da TCAM nas interfaces analisadas.

A partir da combinação entre os princípios da TCAM e os aspectos identificados na análise de jogos, foram definidos itens avaliativos capazes de verificar, de forma prática, a presença desses princípios nas interfaces de jogos educacionais digitais. A Tabela 6 resume os princípios selecionados, acompanhados de definições e exemplos de aplicação no contexto de jogos.

4.2.4 A proposta do instrumento

A partir da definição dos princípios e das características de interface analisadas, elaborou-se um questionário contendo 44 itens organizados de acordo com as categorias da TCAM.

Tabela 6 – Princípios da TCAM aplicados em jogos educacionais (com exemplos).

Princípio	**Exemplos em jogos educacionais**
Multimídia	Combinar texto narrado ou escrito com imagens e animações no jogo.
Atenção dividida (ou contiguidade espacial)	Posicionar legendas ou instruções próximas ao objeto ou à ação relacionada.
Modalidade	Instruções verbais sincronizadas com ações visuais durante a jogabilidade.
Redundância	Evitar repetir em texto o que já está sendo narrado.
Sinalização	Usar setas, destaques ou cores para focar a atenção do jogador em elementos-chave.
Coerência	Utilizar elementos visuais, sonoros e textuais de forma integrada à ambientação e à dinâmica do jogo, apresentando informações em momentos alinhados à ação do jogador.
Contiguidade temporal	Exibir tutoriais enquanto o jogador realiza a ação correspondente.
Segmentação	Dividir o jogo em níveis ou fases com objetivos claros e pausas entre tópicos.
Personalização	Utilizar personagens ou tutores que dialoguem de modo informal com o jogador.
Voz	Usar dublagem com voz humana em tutoriais ou diálogos.
Imagem	Usar com cautela avatares ou narradores visuais, evitando sobrecarga.

O objetivo foi criar um instrumento que permitisse avaliar a presença ou ausência de diretrizes cognitivas em jogos educacionais digitais, de forma clara e aplicável por avaliadores de diferentes formações, como design instrucional, UX/UI e desenvolvimento de jogos.

Os itens foram redigidos em linguagem descritiva e direta, cada um representando um aspecto observável da interface e associado a um princípio teórico específico. A formulação buscou garantir sua aplicabilidade a diferentes estilos de jogos e flexibilidade quanto ao formato de aplicação. Assim, o instrumento pode ser utilizado tanto em avaliações qualitativas, por meio de comentários descritivos, quanto em avaliações quantitativas. Para a avaliação quantitativa, cada item pode ser pontuado em uma escala *Likert* de 1 a 7, em que 1 corresponde a "discordo totalmente" e 7 a "concordo totalmente". Valores mais altos indicam maior aderência da interface ao princípio correspondente, enquanto a avaliação qualitativa pode ser registrada por meio de observações

e comentários adicionais dos avaliadores.

Essa estrutura foi concebida para possibilitar a avaliação de jogos digitais com diferentes propostas pedagógicas, estilos de arte, mecânicas e plataformas, mantendo o foco nos aspectos cognitivos relacionados ao processamento da informação, como atenção seletiva, capacidade da memória de trabalho, organização das informações e articulação entre representações visuais, textuais e auditivas (MAYER, 2009; MAYER, 2014b; PLASS; HOMER; KINZER, 2015). Cabe destacar que, no contexto de jogos educacionais digitais, os princípios da TCAM foram adotados como critérios de análise do processamento da informação na interface (entendida aqui como o conjunto de elementos de interação do jogo), sendo interpretados de forma contextualizada à proposta educacional e à dinâmica do jogo. A Tabela 7 apresenta o questionário completo elaborado a partir desses princípios.

Tabela 7 – Questionário baseado nos princípios da Aprendizagem Multimídia.

ID	Categoria	Pergunta
1	**Coerência**	Você considera que o princípio da Coerência (exclusão de informações desnecessárias) se aplica ao jogo?
2		Evita o uso de elementos visuais irrelevantes?
3		Evita o uso de elementos auditivos irrelevantes?
4		Evita o uso de elementos textuais irrelevantes?
5		A interface foi simplificada para remover informações desnecessárias?
6	**Modalidade**	Você considera que o princípio da Modalidade (uso de áudio falado em vez de texto escrito quando acompanhado de imagens) se aplica ao jogo?
7		O protótipo utiliza uma combinação eficaz de áudio e elementos visuais?
8		A interface apresenta as informações de forma clara usando diferentes modalidades (ex.: visual e auditiva)?
9	**Redundância**	Você considera que o princípio da Redundância (evitar a apresentação da mesma informação em várias formas simultaneamente) se aplica ao jogo?

ID	Categoria	Pergunta
10		O protótipo evita a redundância entre texto falado e texto escrito?
11		A interface evita apresentar a mesma informação em múltiplos formatos ao mesmo tempo?
12	**Contiguidade Espacial**	Você considera que o princípio da Contiguidade Espacial (palavras e imagens relacionadas devem ser apresentadas próximas para facilitar o entendimento) se aplica ao jogo?
13		Os elementos visuais e textuais relacionados estão próximos uns dos outros na interface?
14		As informações relacionadas (como gráficos e legendas) foram organizadas de forma a facilitar a associação?
15	**Contiguidade Temporal**	Você considera que o princípio da Contiguidade Temporal (palavras e imagens que se complementam devem ser apresentadas ao mesmo tempo) se aplica ao jogo?
16		As informações visuais e auditivas são sincronizadas corretamente?
17	**Segmentação**	Você considera que o princípio da Segmentação se aplica ao jogo?
18		O conteúdo do jogo foi dividido em seções menores para facilitar o entendimento?
19	**Pré-formação**	Você considera que o princípio da Pré-formação se aplica ao jogo?
20		As informações mais importantes são apresentadas no início do jogo?
21	**Personalização**	Você considera que o princípio da Personalização se aplica ao jogo?
22		A comunicação no jogo utiliza um tom conversacional e acessível?
23	**Imagem**	Você considera que o princípio da Imagem se aplica ao jogo?
24		As imagens facilitam a compreensão do conteúdo apresentado?

ID	Categoria	Pergunta
25		A interface apresenta um bom equilíbrio entre o uso de imagens e texto?
26	**Voz**	Você considera que o princípio da Voz se aplica ao jogo?
27		A voz utilizada é apropriada para o contexto do jogo?
28		A entonação da voz é agradável e contribui para uma experiência envolvente?
29	**Multimídia**	Você considera que o princípio da Multimídia se aplica ao jogo?
30		A interface integra diferentes mídias (texto, imagem, áudio, vídeo) de maneira equilibrada?
31	**Sinalização**	Você considera que o princípio da Sinalização se aplica ao jogo?
32		A interface utiliza elementos visuais para destacar informações importantes?
33	**Voz**	A sincronização entre voz e outros elementos visuais ou auditivos está bem ajustada.
34	**Multimídia**	Você considera que o princípio da Multimídia (as pessoas aprendem melhor com uma combinação de palavras e imagens) se aplica ao jogo?
35		A interface integra diferentes mídias (texto, imagem, áudio, vídeo) de maneira equilibrada.
36		O jogo ou sistema evita o excesso de multimídia, garantindo uma experiência fluida.
37		A interação entre áudio e imagem melhora a compreensão dos conteúdos apresentados.
38	**Sinalização**	Você considera que o princípio da Sinalização (o uso de destaques, como setas, cores ou sons, deve direcionar a atenção para informações importantes, facilitando o aprendizado) se aplica ao jogo?
39		A interface utiliza elementos visuais (setas, cores, negrito) para destacar informações importantes.

ID	Categoria	Pergunta
40		O uso de sons no jogo auxilia na sinalização de eventos importantes dentro da interface.
41		O destaque de elementos críticos na interface ocorre de maneira consistente.
42		A interface não utiliza elementos de destaque excessivos que possam causar distração.
43	**Sobre o questionário**	Você acha que este questionário cobre todos os aspectos essenciais para avaliar a interface do jogo educacional digital?
44		Se não, o que poderia ser incluído?

A seguir, são apresentados os procedimentos de validação do instrumento com especialistas, bem como sua aplicação exploratória em jogos educacionais.

4.3 Ajustes e validação

Após a construção inicial do instrumento, realizou-se uma validação de conteúdo, com o objetivo de verificar a clareza, pertinência e adequação dos itens em relação aos princípios da TCAM e ao contexto dos jogos educacionais digitais. Essa etapa consistiu em uma análise qualitativa.

Os especialistas participaram da avaliação, realizando uma análise individual dos 44 itens do modelo de avaliação, apresentado na Seção 4.2.4. Cada um recebeu o instrumento completo, organizado por princípio teórico, com instruções para indicar se os itens deveriam ser mantidos, reformulados ou excluídos. Ademais, foram incentivados a incluir comentários sobre a redação, estrutura e relevância prática de cada item. As sugestões recebidas foram analisadas e utilizadas para ajustes na versão final do instrumento. Algumas mudanças incluíram a reescrita de termos pouco claros, a reorganização de itens com sobreposição conceitual e a adaptação de linguagem para torná-la mais neutra e aplicável a diferentes perfis de avaliadores.

As contribuições dos especialistas, incluindo sugestões específicas de reformulação e exclusão de itens, bem como observações sobre clareza conceitual e aplicabilidade prática, estão descritas com maior detalhe na Seção 4.4.

4.3.1 Seleção de participantes

A pesquisa contou com a participação de dois especialistas em jogos educacionais, sendo considerada a experiência individual em três áreas de atuação: desenvolvimento de jogos, pesquisa em jogos educacionais com base na TCAM, e *design* UX/UI com foco em heurísticas de usabilidade. Os participantes podiam apresentar experiência em mais de uma dessas áreas, de modo que os grupos de especialidade não foram mutuamente exclusivos. Essa sobreposição foi tratada como característica natural do contexto de atuação dos profissionais envolvidos, e considerada na análise dos dados, tendo em vista o público-alvo de pessoas que criam jogos educacionais. A Tabela 8 apresenta os critérios definidos para seleção dos participantes, com base em suas áreas de atuação e vínculo com o tema de jogos.

Tabela 8 – Critérios de Seleção dos Participantes

Critérios	**Descrição**
Critérios de Inclusão	- Profissionais com experiência prática ou teórica em criação, *design*, desenvolvimento ou pesquisa de jogos educacionais. - Desenvolvedores que tenham participado de projetos de jogos educacionais em qualquer estágio (concepção, prototipagem, implementação ou avaliação). - Especialistas em *design* instrucional com atuação em tecnologias educacionais, preferencialmente familiarizados com a TCAM. - Profissionais de UX/UI com atuação em heurísticas de usabilidade e avaliação de interfaces digitais voltadas à educação.
Critérios de Exclusão	- Indivíduos sem participação efetiva em projetos de jogos educacionais ou em atividades relacionadas ao *design* de interfaces digitais. - Usuários finais ou jogadores casuais sem formação ou atuação profissional nas áreas de desenvolvimento, *design* instrucional ou UX/UI.

O tamanho da amostra se justifica por se tratar de uma etapa de validação inicial do instrumento, com foco validação qualitativa dos itens. Embora um número maior pudesse ampliar o processo de validação, essa limitação se deve à disponibilidade de especialistas com o perfil necessário e ao tempo disponível para a coleta. Ainda assim, os pareceres recebidos foram suficientes para revisar a estrutura do questionário e ajustar os pontos necessários antes da finalização da versão atual.

O processo de avaliação incluiu a disponibilização de um Termo de Consentimento

Livre e Esclarecido, garantindo a confidencialidade ética da participação dos especialistas, e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o número do CAAE 85800424.8.0000.5020, conforme parecer consubstanciado nº 7.465.500.

4.4 Resultados preliminares e Discussões: avaliação da proposta da TCAM

Nesta seção são apresentados os resultados preliminares da proposta do modelo de avaliação descrito na Seção 4. O foco está em três fontes de evidência que formam a triangulação adotada: (i) análise dos princípios da TCAM aplicados na literatura, (ii) análise exploratória de jogos educacionais; e (iii) avaliação de conteúdo com especialistas Todas as etapas foram conduzidas de forma qualitativa e exploratória, buscando compreender a clareza, a pertinência e a aplicabilidade do modelo.

4.4.1 Avaliação de conteúdo com especialistas

A avaliação de conteúdo do instrumento foi realizada por dois especialistas da área de jogos educacionais, que possuem mais de 8 anos de *experiência com desenvolvimento desses softwares*, familiaridade com teorias de aprendizagem (incluindo a TCAM) e formados no curso de Licenciatura em Computação. Os especialistas receberam o questionário contendo 44 questões, organizadas por princípio teórico, com a solicitação de indicar, para cada item, se ele deveria ser mantido, reformulado ou excluído, podendo ainda adicionar comentários livres. Além disso, uma conceitualização sobre cada princípio foi disponibilizada, para caso tivessem dúvidas no processo de avaliação de conteúdo.

A pessoa participante 1 (P1) sugeriu manter todos os itens, destacando, pontos de aprimoramento na formulação. Entre suas sugestões, enfatizou a importância de incluir um material explicativo complementar sobre os princípios da TCAM, sobretudo se o instrumento for aplicado com pessoas iniciantes. Ademais, comentou que termos como “elementos visuais irrelevantes”, “elementos textuais irrelevantes” e “informações desnecessárias” poderiam gerar interpretações diversas, especialmente entre avaliadores menos experientes. Além disso, foi recomendado pela P1 que cada seção do instrumento (referente a um princípio) seja acompanhada por um

enunciado que explicite a definição, segundo a literatura, sobre o princípio abordado, para evitar que os avaliadores considerem aspectos que não estão presentes no jogo ou que não são diretamente contemplados pelo princípio em questão.

A pessoa participante 2 (P2) recomendou a exclusão de um total de 20 questões, sendo 12 itens justificados pelo avaliador como perguntas que não deveriam julgar diretamente a presença de um princípio, mas cuja inferência deveria ser feita com base nas respostas às questões auxiliares. Além disso, P2 apontou oportunidades de reformulação, como a divisão de perguntas muito amplas, a substituição de termos técnicos pouco usuais em jogos e a inclusão de exemplos ilustrativos. Por exemplo, o item 14 da Tabela 7, que afirma: "As informações relacionadas (como gráficos e legendas) foram organizadas de forma a facilitar a associação". A Tabela 9 mostra os principais comentários de ambos os especialistas e as decisões tomadas com base na proposta do instrumento da TCAM.

Tabela 9 – Avaliação dos itens pelos especialistas e decisões tomadas.

Avaliadores	**Solicitação**	**ID Pergunta**	**Observação do avaliador**
P1, P2	Exclusão	5, 6, 8, 9, 12, 15, 16, 17, 20, 23, 26, 30, 33, 34, 38	P2 considera que o avaliador não deve julgar diretamente a presença de um princípio, mas inferi-lo a partir de perguntas auxiliares.
		1	P1 sugeriu manter; P2 recomendou exclusão pela mesma justificativa acima.
P2	Reformulação	7	O que é uma combinação eficaz?
		14	Exemplificar: gráfico e legenda não parecem vocabulário típico de jogos.
		19	Como a interface realiza isso?
		22	Pergunta parecida com a anterior.

Nessa validação de conteúdo, considera-se que modificações realizadas contribuíram para tornar o instrumento mais explícito quanto aos elementos observáveis nos jogos que indicam a aplicação de cada princípio da TCAM. A versão revisada, estruturada por princípios da TCAM e acompanhada de enunciados explicativos, será utilizada em pesquisas futuras com usuários, a fim de validar sua confiabilidade na avaliação de jogos educacionais digitais[3]

[3] Instrumento da TCAM após validação disponível no Apêndice D.1.

4.4.2 Refinamento do instrumento após a validação inicial

Após a reformulação do instrumento com base nas sugestões da primeira rodada, incluindo a reorganização por princípios da TCAM, a inserção de enunciados explicativos e o refinamento de termos e questões, foi conduzida uma segunda etapa de validação de conteúdo. Nessa fase, as outros especialistas avaliaram a versão revisada com o objetivo de verificar se as modificações haviam aprimorado a clareza, a precisão e a aplicabilidade prática dos itens.

Os resultados quantitativos indicam melhoria substancial na clareza dos itens. A avaliadora P1 classificou 81% dos itens como claros, 12% como parcialmente claros e apenas 7% como não claros. A avaliadora P2 apresentou um perfil ainda mais favorável, com 90% de itens claros e 10% parcialmente claros, sem indicar qualquer item como não claro. Nenhuma das avaliadoras recomendou novas exclusões, um contraste significativo em relação à primeira validação, quando a P2 sugeriu a retirada de 20 questões. Essa convergência reforça que a revisão estrutural realizada entre as duas etapas foi efetiva para eliminar redundâncias, focar o escopo dos itens e aproximar as perguntas de evidências observáveis em jogos.

As sugestões registradas nesta segunda avaliação concentraram-se em ajustes finos, tais como padronização de verbos de ação, esclarecimento de termos ainda considerados amplos em contextos específicos e revisão de exemplos para alinhá-los ao vocabulário usual do design de jogos. Alguns itens considerados “parcialmente claros” foram associados a expressões que, embora mais específicas do que na versão original, ainda poderiam suscitar interpretações distintas dependendo do repertório do avaliador (por exemplo, “informações relacionadas” ou “interface facilita a associação”).

Cabe destacar que, na primeira rodada de validação, alguns comentários dos especialistas não se restringiram à clareza textual dos itens, mas envolveram também a interpretação conceitual de determinados princípios da TCAM quando aplicados a jogos educacionais. Em particular, observações relacionadas ao princípio da Redundância evidenciaram a preocupação de que sua formulação pudesse ser interpretada de maneira normativa, como a simples eliminação de repetições informacionais, o que, no contexto de jogos, poderia comprometer elementos importantes como *feedback*, orientação da atenção e engajamento do jogador.

Dessa forma, embora se reconheça que, em jogos educacionais, a repetição de informações possa ser necessária em algumas situações, neste instrumento o princípio da Redundância foi definido com foco na prevenção de sobrecarga cognitiva associada à apresentação simultânea da mesma informação em diferentes formatos (por exemplo, texto escrito e fala com o mesmo

conteúdo). Essa delimitação está alinhada à formulação original da TCAM e, neste estudo, é considerada uma limitação decorrente da aplicação do princípio ao contexto específico de jogos educacionais.

A Tabela 10 sintetiza as principais observações desta etapa e as decisões adotadas. Dessa forma, os resultados indicam que o instrumento revisado apresenta maior consistência conceitual e clareza para sua utilização em contextos reais de avaliação de jogos educacionais digitais.

Tabela 10 – Segunda rodada de avaliação de conteúdo: comentários e decisões adotadas.

Avaliadora	**Clareza**	**ID**	**Comentário**
P1	Não claro	5	Não ficou claro a que interface o item se refere.
		7	Combinação com áudio depende do jogo; falta precisão.
		14	Avaliadora não identificou bem o termo "gráfico/legenda".
	Parcial	11	"Quais seriam os formatos?" — necessidade de exemplos.
		24	Sugestões de incluir exemplos adicionais.
		25	Recomenda verificar subitens relacionados.
		33	Termo "está bem ajustada" ficou confuso.
		41	Dúvida sobre o significado de "elementos críticos".
P2	Parcial	6	Ambiguidade entre áudio falado e efeitos sonoros.
		7	Necessidade de exemplo: "o que é o áudio?".
		21	Dúvida sobre se a situação é positiva ou negativa.
		22	Diferença pouco clara em relação ao item anterior.

Cabe destacar que esta etapa teve como foco exclusivo a análise de clareza e consistência conceitual do instrumento. A avaliação de sua utilidade prática em um cenário real de aplicação é apresentada no capítulo seguinte, onde o instrumento é utilizado para analisar em jogos educacionais, em fase de desenvolvimento.

4.4.3 Discussão dos achados e contribuições

A triangulação realizada neste capítulo reuniu três fontes de evidência: a avaliação de conteúdo com especialistas, a aplicação-piloto em jogos educacionais e a análise de fatores descritos na literatura. Essa combinação permitiu articular evidências provenientes de especialistas, de uma aplicação prática em jogo educacional e da literatura (NIPO et al., 2024), proporcionando uma visão complementar sobre a aplicabilidade dos princípios da TCAM na avaliação de interfaces, ainda que em escala restrita.

De forma geral, as três fontes convergiram em indicar que a TCAM pode oferecer subsídios relevantes para a análise de elementos multimídia em jogos educacionais, mas também apontaram limitações que devem ser consideradas em pesquisas futuras. A seguir, destacam-se as principais contribuições identificadas:

- **Viabilidade do uso da TCAM:** a análise com especialistas e a aplicação-piloto no jogo *Fábulas Computacionais* mostraram que é possível transformar princípios da TCAM em critérios avaliativos observáveis. Essa viabilidade, ainda que restrita a um número pequeno de casos, indica que a teoria pode ser operacionalizada em instrumentos de análise de interface.

- **Ajustes necessários no instrumento:** os pareceres dos especialistas destacaram pontos de melhoria na redação, no nível de detalhamento e no uso de exemplos nos itens do questionário. Isso sugere que, antes de uma aplicação mais ampla, o instrumento precisa passar por refinamentos para aumentar sua clareza conceitual e adequação a diferentes perfis de avaliadores.

- **Limitações identificadas:** os pareceres dos especialistas indicaram que alguns itens derivados da TCAM podem gerar ambiguidades de interpretação, especialmente em interfaces de jogos com múltiplos elementos concorrentes. No teste exploratório, por exemplo, itens relacionados ao princípio da Coerência receberam pontuação mais baixa em fases que apresentavam muitos elementos simultâneos, sugerindo que a teoria, aplicada isoladamente, nem sempre oferece critérios suficientes para orientar decisões em contextos complexos de *game design*.

Ainda que a aplicação dos princípios da TCAM tenha se mostrado viável, é importante reconhecer que alguns deles, como o da redundância, podem assumir significados distintos

quando analisados sob a ótica da acessibilidade. Embora a duplicação de informações em diferentes modalidades sensoriais possa gerar sobrecarga cognitiva em determinados contextos de aprendizagem (MAYER, 2005; MAYER, 2014a), ela também pode ampliar a inclusão de públicos diversos, como pessoas surdas, que dependem da leitura textual, e pessoas com deficiência visual, que utilizam, por exemplo, leitores de tela [4].

Assim, a redundância pode ser reinterpretada como um recurso de acessibilidade em jogos educacionais, principalmente quando o objetivo é garantir que o conteúdo seja compreendido por diferentes perfis de aprendizes. É importante destacar que, nesta etapa, o modelo PEACH foi delineado considerando usuários neurotípicos, de acordo com a base cognitiva da TCAM. No entanto, a ampliação dessa proposta para usuários neurodivergentes ou com deficiência demandaria uma investigação específica, uma vez que as diferenças de processamento perceptivo e cognitivo requerem adaptações no design e na avaliação. Esse aspecto representa um caminho promissor para estudos futuros sobre acessibilidade e desenho universal aplicados à aprendizagem multimídia (MAYER, 2015; PLASS; MAYER; HOMER, 2020).

Como se trata de uma validação inicial, com apenas dois especialistas e aplicação restrita a um único jogo, os achados devem ser entendidos como indícios preliminares. Ainda assim, os resultados reforçam que a TCAM pode servir como base para estruturar um modelo avaliativo de interfaces de jogos educacionais, na medida em que oferece princípios consistentes para orientar o *design* instrucional (MAYER, 2009; MAYER, 2014b; PLASS; HOMER; KINZER, 2015).

Por outro lado, tanto a literatura quanto os achados deste capítulo indicam que a TCAM, isoladamente, pode não ser suficiente para contemplar dimensões afetivas, motivacionais e relacionadas à experiência do usuário ou ao próprio *game design*. Dessa forma, a triangulação aqui conduzida deve ser compreendida como exploratória e limitada, servindo como um passo inicial para a consolidação de um instrumento mais robusto em pesquisas futuras.

Além disso, alguns aspectos identificados em capítulos anteriores e no presente trabalho sugerem a necessidade de aprofundar a investigação, tais como:

- a avaliação do papel das músicas e dos efeitos sonoros no processamento auditivo e na integração multimídia;
- a análise da distribuição de níveis de dificuldade ao longo das fases (tanto no jogo quanto no conteúdo educativo);

[4] Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015); Organização Mundial da Saúde. *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva: WHO, 2001.

- a consideração da progressão narrativa e da história do jogo;
- a avaliação da clareza e do alinhamento dos objetivos de aprendizagem;
- a análise do fluxo de telas e de aspectos de usabilidade da interface.

Esses desafios justificam a continuidade da pesquisa, apresentada no próximo capítulo, no qual a proposta é expandida para incluir elementos de UX/UI e de *game design* educacional, de modo a oferecer uma perspectiva mais abrangente e integrada para a avaliação de jogos digitais.

5

AVALIAÇÃO DE JOGOS BASEADA EM ITENS DE *Game Design* E UX/UI

Este capítulo apresenta a segunda e última parte da proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais fundamentado em critérios de *game design* educacional e de *UX/UI design*[1]. O objetivo é identificar indícios de sobrecarga cognitiva por meio da análise desses dois eixos complementares.

No contexto desta dissertação, o capítulo descreve o *PEACH*[2], contribuindo para a resposta da questão de pesquisa (QP) (3): *Como identificar indícios de sobrecarga cognitiva em jogos educacionais considerando a cognição humana e o design de jogos?*

A necessidade deste capítulo foi evidenciada pelos desafios identificados nos capítulos anteriores:

- **Predominância de medidas subjetivas**: o mapeamento sistemático (Capítulo 3) mostrou que a maioria dos trabalhos utiliza escalas de percepção (medidas subjetivas), de forma genérica, que podem ser aplicados a diversos cenários, havendo ainda pouca atenção a instrumentos que relacionem carga cognitiva diretamente ao *design* de jogos.

- **Foco restrito na apresentação da informação**: o modelo baseado na TCAM (Capítulo 4) contemplou princípios cognitivos de processamento, mas não integrou aspectos de *game*

[1] Definidos como aspectos do *design* de interação voltados à interface (BARBOSA; SILVA, 2010) e à experiência perceptiva do jogador.

[2] O modelo PEACH foi introduzido no Capítulo 1 como uma proposta de avaliação de jogos educacionais em fase de prototipação, fundamentada em princípios cognitivos, de game design educacional e de design de interação.

design, como a progressão narrativa, a clareza das instruções e a usabilidade da interface, dentre outros elementos de jogos educacionais.

- **Falhas de design em jogos educacionais**: conforme já destacado na fase de relevância da DSR (Capítulo 1), aspectos como fluxos de interação pouco intuitivos, desafios mal calibrados ou narrativas desconexas podem comprometer a experiência do jogador e a aprendizagem, aumentando a carga cognitiva extrínseca (relacionada a elementos externos não são essenciais para a aprendizagem ou para o desempenho da tarefa) (DAS et al., 2024). Essas falhas muitas vezes não são identificadas de forma sistemática durante o desenvolvimento. Embora existam métricas para avaliar interface e UX, ainda há uma lacuna quanto à análise integrada de elementos de *game design* e da estrutura geral dos jogos educacionais, especialmente na relação com a aprendizagem dos jogadores em determinado conteúdo.

Dessa forma, este capítulo apresenta a proposição e aplicação de critérios de avaliação voltados a elementos de *game design* educacional e de *UX/UI*, compondo a dimensão do modelo PEACH, dedicada à avaliação do *design* e da interface dos jogos. Essa dimensão complementa o capítulo anterior, voltado à aprendizagem multimídia, ao incluir a análise da narrativa, da jogabilidade, dentre outros elementos, e da interface, a partir de indícios que podem impactar a experiência do jogador. O modelo PEACH é indicado sobretudo para a fase de prototipagem, em que documentos de *game design* e versões de baixa fidelidade estejam definidos por seus projetistas, a definição das interfaces e da dinâmica de interação do jogador. Nessa etapa, podem ser obtidos indícios sobre a adequação da proposta de aprendizagem e sobre a experiência planejada, antes do desenvolvimento de versões mais completas (PIRES et al., 2020). A formulação dos critérios é apresentada a partir de diferentes fontes de informação, incluindo a análise de jogos, a validação de conteúdo por especialistas e o uso de instrumentos já consolidados na área, buscando tornar o processo avaliativo mais consistente.

Além disso, este capítulo corresponde ao Ciclo de Design na DSR: define, aplica e valida a dimensão de *design* e *interface* do PEACH[3]. Para organizar a proposta, o capítulo está estruturado em etapas de planejamento, desenvolvimento, validação e integração, conforme ilustrado na Figura 9.

[3] Foco nos critérios de narrativa, jogabilidade e *UX/UI*; em conjunto com a dimensão TCAM (Capítulo 4), compõe o modelo.

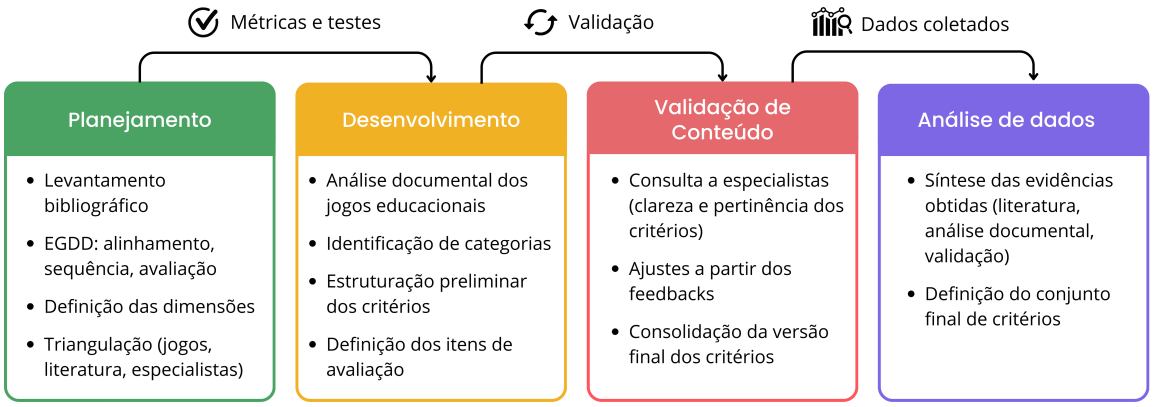


Figura 9 – Etapas da metodologia utilizada para o desenvolvimento e validação do modelo. Fonte: Elaborada pela autora.

5.1 Planejamento

O planejamento constituiu a base metodológica e conceitual para a construção do modelo de avaliação de jogos educacionais. O objetivo foi identificar critérios relevantes para a avaliação da experiência de jogo em sua interface e estrutura pedagógica, visando subsidiar a posterior definição das dimensões e categorias do instrumento proposto. Essa etapa foi conduzida em três momentos complementares: (i) levantamento bibliográfico; (ii) análise documental de *Educational Game Design Documents* (EGDD); e (iii) definição das variáveis, critérios e categorias avaliativas que orientariam o desenvolvimento do instrumento. A Figura 10 ilustra essa triangulação.



Figura 10 – Triangulação de fontes para consolidar o instrumento de avaliação de *Game Design* e *UX/UI*.

Entre os dados analisados para subsidiar a formulação dos critérios avaliativos, inclui-se uma aplicação empírica de instrumentos como o NASA-TLX e o MEEGA+ durante sessões de

gameplay com um jogo educacional digital[4]. Essa aplicação permitiu observar esforço mental e aspectos da experiência subjetiva do jogador, mas não evidenciou associação direta entre os dados coletados e elementos como objetivos educacionais, narrativa, mecânicas ou *feedbacks*. Os limites observados nessa experiência indicaram a necessidade de critérios avaliativos que estabelecessem conexões mais explícitas entre dados subjetivos e os elementos de design educacional, contribuindo diretamente para a formulação da dimensão de design e interface do modelo PEACH.

5.1.1 Levantamento bibliográfico

Esta etapa teve como objetivo identificar trabalhos que apresentassem modelos ou instrumentos de avaliação de jogos educacionais, com a finalidade de extrair critérios que subsidiem a elaboração de um novo modelo alinhado ao foco desta pesquisa. Essa investigação foi essencial para compreender de que maneira os modelos existentes podem contribuir especificamente para a avaliação de interfaces em jogos educacionais, além de evitar redundâncias. O intuito é garantir que a proposta não reproduza instrumentos já existentes, mas que contemple de forma integrada a avaliação de interfaces e sua relação com as mecânicas de aprendizagem aplicadas ao jogo.

Esta pesquisa destacou, portanto, a dificuldade em avaliar aspectos de interface e usabilidade, uma vez que a maioria dos estudos identificados concentram-se em engajamento, motivação ou aprendizagem (FU; SU; YU, 2009; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020; VELDKAMP et al., 2022; SANTOS et al., 2023), sem abordar detalhadamente as dimensões de UX/UI. Ademais, parte da literatura analisa componentes de jogos, como estética e interface, de maneira isolada, sem levar em consideração como a estrutura geral do jogo influencia a experiência do jogador e o alcance dos objetivos educacionais (PLASS; HOMER; KINZER, 2015; BOYLE et al., 2016).

Diante disso, foram definidos quatro critérios principais para a seleção dos modelos de referência:

1. Contemplar múltiplas dimensões da experiência do jogo, como engajamento, usabilidade, aprendizagem e estética;

[4] Os dados empíricos mencionados foram originalmente apresentados em um estudo publicado nos anais do SBIE 2024 (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação). Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31294>.

2. Incluir instrumentos com escalas ou questionários validados;

3. Apresentar aplicabilidade ao contexto educacional;

4. Abordar aspectos relacionados à interface e à usabilidade de forma mais detalhada, evitando abordagens que tratam esses componentes de maneira isolada ou secundária.

Com base nesses critérios, selecionaram-se três modelos referenciados na literatura:

- **eGameFlow** (FU; SU; YU, 2009): questionário desenvolvido para avaliar fluxo e engajamento em jogos digitais. Inclui dimensões como desafio, *feedback*, concentração e imersão, sendo relevante por enfatizar a motivação e o engajamento dos jogadores.

- **EDUGXQ** (NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020): instrumento construído especificamente para contextos educacionais, relacionando usabilidade e aprendizagem. Considera critérios como clareza de instruções e *feedback* instrucional (retorno ao jogador sobre acertos, erros e como melhorar).

- **GUESS** (PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016): escala de avaliação da experiência do usuário em jogos digitais. Engloba aspectos de usabilidade, estética, narrativa e satisfação geral do jogador com a experiência.

A partir dos critérios definidos, os modelos foram comparados para identificar quais aspectos são abordados em cada instrumento e em que medida eles atendem às necessidades desta pesquisa. Essa comparação permitiu observar tanto os pontos de convergência entre os modelos quanto as lacunas que justificam a elaboração de uma nova proposta. A Tabela 11 apresenta um resumo dos critérios contemplados por cada modelo analisado.

Tabela 11 – Critérios contemplados pelos modelos selecionados

Critério	**eGameFlow**	**EDUGXQ**	**GUESS**
Motivação	X		X
Engajamento	X		
Usabilidade		X	X
Aprendizagem		X	
Narrativa / História			
Feedback	X	X	
UX			X
Estética			X

Considerando os limites dos modelos analisados, que incluem o foco em engajamento, motivação e aprendizagem, sem abordar detalhadamente dimensões de interface e usabilidade, bem como a abordagem parcial de elementos como estética e estrutura geral do jogo, decidiu-se complementar essa etapa com uma análise documental. A proposta consiste em examinar documentos de *design* sobre jogos educacionais (EGDD), a fim de compreender como esses jogos são descritos e quais estratégias os projetistas utilizam para conciliar o *design*, mecânicas, os elementos visuais e os objetivos de aprendizagem (BOLLER; KAPP, 2018). Além disso, busca-se justificar como esses itens podem ser integrados na interface.

5.1.2 Análise documental

Após a análise de modelos de avaliação, foram considerados documentos do tipo EGDD (*Educational Game Design Document*) (PIRES et al., 2021). Esse formato deriva do GDD (*Game Design Document*), documento técnico utilizado na indústria de jogos para registrar a concepção do produto e orientar o desenvolvimento, incluindo narrativa, personagens, mecânicas, elementos visuais e interface (ROGERS, 2014).

O EGDD amplia essa estrutura ao integrar dimensões pedagógicas ao design de jogos, favorecendo maior coerência interna e clareza nos propósitos formativos. A análise de sua estrutura evidencia três elementos centrais: i) o alinhamento pedagógico, entendido como a coerência entre objetivos de aprendizagem, atividades propostas e formas de avaliação (BIGGS, 2003); ii) a sequência didática, que organiza atividades em uma progressão estruturada para favorecer o alcance dos objetivos educacionais (ZABALA, 1998; COSTA; GONçALVES, 2022); iii) os mecanismos de avaliação da aprendizagem, que permitem verificar se os jogadores estão, de fato, aprendendo durante a experiência (OLIVEIRA et al., 2022).

Dessa forma, o uso do EGDD esclarece os propósitos educacionais de cada jogo, explicita como as mecânicas conferem significado às atividades avaliativas e fornece subsídios concretos para a definição de critérios de avaliação.

Nesta pesquisa, foram selecionados dois EGDDs para análise: *Candy Factory* (ASLAN, 2016) e *Hello Food* (MACENA; PIRES; MELO, 2022). A escolha levou em consideração: (i) a disponibilidade dos documentos em versão completa; (ii) a presença de metas educacionais, permitindo verificar a relação entre objetivos pedagógicos e escolhas de *design*; (iii) a conexão explícita entre narrativa, mecânicas, interface e estética com os objetivos de aprendizagem; e (iv)

o fato de ambos terem servido como guias para o desenvolvimento de protótipos, o que garante consistência e aplicabilidade prática.

O *Candy Factory* foi escolhido por constituir um caso documentado com base na metodologia *GAMED* (*Game Design for Educational Contexts*), que organiza o desenvolvimento de jogos educacionais em etapas que integram a definição de objetivos pedagógicos, o design, implementação e a avaliação, visando à consistência entre conteúdo e experiência de jogo (ASLAN, 2016). O *Hello Food* foi selecionado por descrever de forma detalhada o problema de aprendizagem, o público-alvo, as habilidades cognitivas, as mecânicas e os fluxos educacionais, possibilitando a relação direta entre elementos de *design* e objetivos instrucionais (MACENA; PIRES; MELO, 2022), além da disponibilidade de materiais do jogo, como protótipos e documentos completos do EGDD.

A análise dos EGDD*s* possibilitou identificar elementos relacionados aos objetivos pedagógicos, à narrativa, às mecânicas de jogo e aos aspectos de interface (Apêndice B e C). Esses elementos fundamentaram a definição de métricas, que foram posteriormente organizadas em categorias, resultando na proposição de duas dimensões principais de análise, as quais são apresentadas na subseção a seguir.

5.1.3 Definição de métricas e categorias

Com base nas evidências coletadas no levantamento bibliográfico e na análise documental, foram estabelecidas as métricas que fundamentam o modelo proposto. Neste capítulo, entende-se por métrica um critério mensurável e observável, ou seja, um parâmetro que pode permitir verificar se determinado elemento de *game design* ou de interface está presente em um jogo e como contribui para a experiência do jogador. Métricas possibilitam descrever, comparar e quantificar sistematicamente aspectos de uma realidade complexa, permitindo análises objetivas e fundamentadas (SEVERINO, 2017).

Para esclarecer o objetivo geral que fundamentou a elaboração dessas métricas, adotou-se o paradigma *Goal-Question-Metric* (GQM) (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994), que contribui para a descrição sistemática do que se pretende analisar, incluindo o propósito e o contexto. A Tabela 12 apresenta a formulação do objetivo desta pesquisa conforme o modelo GQM.

Tabela 12 – Objetivo segundo o paradigma GQM.

Analisar:	Como a estrutura geral do jogo (e.g., fluxos de interação, progressão, organização de níveis) reflete na interface em jogos educacionais
Com o propósito de:	Verificar se as métricas baseadas nos elementos de *game design* educacional e nos princípios de UX/UI podem identificar falhas significativas no design de jogos educacionais
Com relação ao:	Usuário
Do ponto de vista de:	Desenvolvedores / Educadores / *Designers*
No contexto:	Jogos educacionais

A partir dessa definição, as métricas foram organizadas em categorias gerais, resultando na proposição de duas dimensões principais:

- **Game Design Educacional**: envolve a coerência entre os objetivos pedagógicos e as escolhas de design, incluindo narrativa, mecânicas, progressão e estratégias de *feedback*;
- **UX/UI *Design***: refere-se à clareza de instruções, à organização visual, à consistência da interface e à experiência perceptiva do jogador;

A dimensão *Game Design Educacional* foi estruturada a partir de categorias que expressam a coerência entre objetivos pedagógicos e escolhas de *design*, incluindo narrativa, mecânicas, progressão e estratégias de *feedback*. Essas categorias foram fundamentadas em modelos de avaliação de jogos educacionais e em estudos que discutem a integração entre elementos de *game design* e aprendizagem (ASLAN, 2016; PLASS; HOMER; KINZER, 2015; BOYLE et al., 2016). A Tabela 13 apresenta as categorias definidas e suas respectivas descrições.

A dimensão *UX/UI Design* contempla categorias relacionadas à clareza das instruções, à organização visual, à consistência da interface e à experiência da perspectiva do jogador. Essas categorias foram consolidadas a partir de referenciais de usabilidade e estudos sobre experiência do usuário em jogos educacionais (PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020; VELDKAMP et al., 2022)). A Tabela 14 sintetiza as categorias dessa dimensão e suas respectivas definições.

As categorias apresentadas servem como base conceitual para a definição das métricas utilizadas no modelo. A partir dessas definições, a dimensão *UX/UI Design* é estruturada em critérios observáveis que devem orientar a análise dos jogos sob a perspectiva da experiência do usuário.

Tabela 13 – Categorias e definições da dimensão *Game Design* educacional.

Categoria	**Definição**	**Fontes**
Mundo do Jogo	Cenário onde ocorre a narrativa e os personagens interagem. Organiza espaços, pistas visuais e ambientações que apoiam os objetivos do jogo e a aprendizagem.	(ROGERS, 2014; DEDE et al., 2012; TEKINBAS; ZIMMERMAN, 2003; HODENT, 2017; PLASS; HOMER; KINZER, 2015)
Personagens	Entidades com as quais o jogador interage (protagonistas, NPCs, aliados, inimigos). Ajudam na narrativa, no feedback e na mediação do conteúdo.	(SALEM; RHALIBI; CHITTARO, 2012)
Mecânicas de Jogo	Regras e estruturas que definem como o jogador interage com o sistema. Incluem ações como mover, coletar, resolver desafios ou manipular objetos, alinhadas a conteúdos educacionais.	(FULLERTON, 2014; ZYDA, 2005; WINN, 2008; ROGERS, 2014; GEE, 2003; KIILI, 2005)
Dinâmicas de Jogo	Padrões recorrentes de interação que estruturam a experiência (ex.: coletar, resolver, conquistar). Definem o que o jogador deve fazer para avançar.	(BOLLER; KAPP, 2018; ALRIFI, 2020; FULLERTON, 2014; SHERNOFF, 2013)
Objetivos	Metas instrucionais que guiam a experiência, coerentes com o conteúdo e integradas às ações propostas pelo jogo.	(KIRSCHNER; CLARK; SWELLER, 2006; HODENT, 2017; HATTIE; TIMPERLEY, 2007)
Missões	Tarefas específicas conectadas à narrativa. Estruturam a jornada do jogador e favorecem engajamento por meio de desafios contextualizados.	(GEE, 2003; ROGERS, 2014)
Objetivos Educacionais	Resultados instrucionais desejados (aprendizagem de conceitos ou habilidades), integrados à narrativa e às mecânicas.	(ALRIFI, 2020; GEE, 2003)
Coletáveis	Itens que recompensam o jogador de forma simbólica, incentivando exploração e repetição.	(SCHELL, 2020)
Power-ups	Itens que oferecem vantagens temporárias ou permanentes, reforçando desempenho e engajamento.	(SCHELL, 2020)
Design Visual (relacionado a objetivos)	Organização dos elementos visuais (layout, cores, ícones, animações) para facilitar compreensão dos objetivos e reduzir sobrecarga cognitiva.	(MAYER, 2014b; HODENT, 2017; SALDAÑA, 2021)

5.2 Desenvolvimento da Proposta

Esta seção apresenta as dimensões de *Game Design* e *UX/UI Design*, componentes do modelo PEACH, em complemento à dimensão de *Aprendizagem Multimídia* proposta no Capítulo 4. Inicialmente, foram definidas categorias gerais que sintetizam os aspectos fundamentais de cada dimensão, conforme exposto nas tabelas de definições da subseção anterior. Essas categorias oferecem uma visão conceitual do que deve ser considerado em jogos educacionais, servindo como base para a formulação de métricas avaliativas.

O próximo passo consistiu em operacionalizar essas categorias, propondo métricas que

Tabela 14 – Categorias e definições da Dimensão *UX/UI Design*.

Categoria	**Definição**	**Fonte**
Estética	Atratividade visual da interface (cores, tipografia, alinhamento, consistência). Contribui para imersão, clareza e motivação do jogador.	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019; STANDARDIZATION, 2011)
Aprendizibilidade	Facilidade de aprender a usar o jogo. Avalia se comandos, instruções e padrões de design são intuitivos e favorecem a curva de aprendizagem.	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019; STANDARDIZATION, 2011)
Operabilidade	Facilidade de navegação e consistência das interações. Considera resposta dos comandos, disposição dos elementos e fluidez da experiência.	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019; STANDARDIZATION, 2011)
Acessibilidade	Capacidade do jogo de atender jogadores com deficiência visual, incluindo baixa visão, moderada e/ou daltonismo.	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019; W3C Web Accessibility Initiative (WAI),)
Familiaridade	Uso de padrões conhecidos de interação (gêneros, convenções, interfaces já consolidadas). Facilita adaptação e engajamento inicial.	(DONALD, 2013; NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020)
Consistência	Uniformidade entre telas e interações. Evita confusão, mantém previsibilidade e reduz esforço cognitivo.	(NIELSEN, 1994; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)
Lei de *Fitts*	Tempo de alcance depende do tamanho e distância do alvo. Botões maiores e próximos são mais acessíveis.	(FITTS, 1954)
Lei de *Hick*	Muitas opções aumentam o tempo de decisão. Recomenda-se limitar escolhas.	(HICK, 1952)
Destaque Visual e Estética-Usabilidade	Elementos destacados (cores, animações, ícones) evidenciam informações-chave. Interfaces esteticamente agradáveis são percebidas como mais usáveis.	(DONALD, 2013; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)

visam tornar observáveis e mensuráveis os aspectos identificados, aqui chamadas de *categorias específicas*. Cada métrica descreve um aspecto que pode ser identificado no jogo, acompanhado de instruções sobre o que observar e sobre a forma de coleta (escala, *checklist*, resposta aberta, etc.). Essa estrutura foi concebida para equilibrar análises objetivas e qualitativas, buscando ampliar o escopo e a profundidade da avaliação.

5.2.1 Métricas de *Game Design* Educacional

Considerando que a dimensão *Game Design* educacional envolve os aspectos do jogo responsáveis por relacionar os objetivos pedagógicos, mecânicas e narrativa, esta subseção apresenta as métricas propostas para sua análise no modelo PEACH. A Tabela 15 apresenta as métricas associadas à dimensão de *Game Design Educacional*. As categorias gerais (mundo do jogo, personagens, *gameplay*, objetivos educacionais e *feedback*) foram detalhadas em subcategorias que orientam a aplicação das métricas. O foco está em compreender se os elementos de *design* apoiam a clareza dos objetivos, favorecem a aprendizagem e mantêm a coerência narrativa e interativa.

Tabela 15 – Categorias e métricas — Dimensão *Game Design* educacional.

Nº	**Pergunta**	**Métrica**	**Descrição**
Mundo do Jogo			
1	Quais marcos de referência você percebeu no cenário e como eles ajudaram na sua navegação?	Marcos de Referência	Elementos distintivos que orientam o deslocamento (trilhas, luzes, portais, *checkpoints*).
2	Os marcos de referência ajudaram você a entender o caminho correto a seguir?	Marcos de Referência	Verifica se o jogador se localiza e progride sem frustração.
3	Os objetivos de cada fase estavam claros desde o início?	Clareza de Objetivos no Cenário	Clareza de metas comunicadas pelo ambiente (pistas, sinalizações, layout).
4	Você encontrou alguma parte do nível confusa ou difícil de interpretar? Qual e por quê?	Legibilidade do Espaço	Detecta ambiguidades no desenho do nível/elementos.
5	Quais elementos visuais reforçam o conteúdo de forma clara e prática?	Ambiente Reforçando Conteúdo	Mapas, animações, cores, ícones, gráficos que tornam o conteúdo visível/operacional.
6	Em alguma fase, o ambiente pareceu visualmente sobrecarregado?	Carga Visual do Cenário	Verifica excesso de elementos que prejudiquem clareza/fluxo.

Nº	**Pergunta**	**Categoria Específica (métrica)**	**Descrição**
Personagens			
7	O jogo apresenta personagens com os quais você interagiu?	Presença/ Funcionalidade	Personagens que mediam instruções, feedback ou objetivos.
8	Como você avalia os personagens no jogo?	Qualidade de Apresentação	Aparência, expressividade, relevância narrativa e posicionamento (não obstruir a tarefa).
Mecânicas de Jogo			
9	Quais elementos visuais chamaram mais sua atenção durante a fase?	Saliência de Elementos Interativos	Identificar os elementos visuais que mais atraem o foco do jogador, distinguindo os interativos dos decorativos.
10	Teve dificuldade para distinguir elementos importantes de decorativos? Explique.	Suporte Visual à Decisão	Se o design ajuda a identificar o que é acionável e prioritário.
11	O design visual afetou sua capacidade de resolver os desafios?	Fluidez da *Gameplay*	Impacto do visual na organização e continuidade das ações durante a resolução de problemas.
12	Os obstáculos eram visualmente claros e coerentes com a temática do nível?	Claridade de Obstáculos	Barreiras visíveis e compreensíveis (inimigos, armadilhas, barreiras físicas/temporais).
13	Os obstáculos foram bem integrados ao *gameplay* sem interromper o fluxo?	Integração dos Obstáculos ao Fluxo	Desafio proporcional, sem quebras bruscas.
14	Você encontrou obstáculos durante a exploração/progressão?	Presença de Obstáculos	Identificação de obstáculos no percurso.
15	Se sim, quais foram?	Natureza do Obstáculo	Descrição do tipo de obstáculo encontrado.

Nº	**Pergunta**	**Categoria Específica (métrica)**	**Descrição**
16	Os elementos visuais reforçam o conteúdo educacional?	Mecânica Alinhada ao Conteúdo	Ações do jogador operacionalizando o conteúdo (coletar, ordenar, combinar etc.).
Dinâmicas de Jogo			
17	O jogo fornecia mecanismos para mostrar progresso (níveis, barras, conquistas)?	Indicadores de Avanço	Sinais de progresso que motivam continuidade.
18	Quais mecanismos de progresso estavam presentes?	Tipos de Indicador	Barra,nível,conquista ou estatísticas.
19	O jogo apresentava *puzzles* que exigiam lógica/resolução de problemas?	Presença de *Puzzles*	Estímulo a raciocínio e associação de informações.
20	Os *puzzles* estavam bem integrados ao conteúdo educativo?	Alinhamento Pedagógico dos *Puzzles*	Relevância do desafio para reforçar o conteúdo.
Objetivos e Avaliação			
21	A interface apresentava missões/objetivos claros para completar?	Clareza de Missões	Clareza de objetivos operacionais no HUD/menus.
22	Como os objetivos educacionais eram apresentados na interface?	Apresentação dos Objetivos Educacionais	Forma de apresentação das metas (texto, ícones, tutoriais, listas).
Elementos Motivacionais			
23	O jogo incluía coletáveis acumuláveis que ofereciam benefícios?	Coletáveis	Recompensas simbólicas que incentivam exploração e repetição.
24	O jogo oferecia *power-ups* com habilidades especiais/vantagens?	*Power-ups*	Vantagens temporárias/permanentes distribuídas conforme desafio.
Design Visual (relacionado a objetivos)			

Nº	**Pergunta**	**Categoria Específica (métrica)**	**Descrição**
25	Envie a(s) tela(s) avaliada(s) e destaque os elementos mencionados.	Coleta Visual	Registro visual para análise qualitativa de elementos críticos.

As métricas dessa dimensão de *Game Design* permitem identificar, por exemplo, se o cenário contribui para a orientação espacial, se os personagens desempenham um papel instrucional, se as mecânicas mantêm o equilíbrio entre desafio e clareza e se objetivos e *feedbacks* estão devidamente integrados à lógica do jogo. Além disso, aspectos motivacionais, como coletáveis e *power-ups*, foram incluídos para verificar como recompensas simbólicas ou funcionais afetam o engajamento. A avaliação de cada uma dessas questões foi operacionalizada principalmente por meio de escalas do tipo *Likert*, complementadas, quando necessário, por verificações simples de presença ou ausência.

5.2.2 Métricas de *UX/UI Design*

Nesta etapa, as categorias inicialmente definidas a partir do *MEEGA+* (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019) (Estética, Aprendizibilidade, Operabilidade e Acessibilidade) foram combinadas com as contribuições dos três modelos identificados no levantamento bibliográfico (*GUESS*, *EDUGXQ* e *eGameFlow*). Do modelo *GUESS*, destacaram-se medidas de usabilidade percebida, clareza visual e apelo estético. Do *EDUGXQ*, foram incorporadas dimensões ligadas à familiaridade do jogador, à operabilidade e à navegabilidade dos elementos de interação. Já o *eGameFlow* contribuiu com aspectos relacionados a desafio, feedback imediato, clareza de objetivos e imersão.

Essas métricas foram, por fim, complementadas com princípios consolidados de Interação Humano-Computador, como as leis de Fitts (FITTS, 1954) e Hick (HICK, 1952), a consistência e familiaridade (NIELSEN, 1994), e o efeito estética-usabilidade (NORMAN, 2007), resultando em um conjunto de categorias avaliativas, conforme agrupados na Tabela 16.

Essas métricas visam avaliar se a interface promove uma experiência acessível, clara, intuitiva e funcional. São considerados aspectos como estética visual, clareza dos comandos, navegabilidade, responsividade, acessibilidade e consistência. Também são contemplados prin-

Tabela 16 – Dimensões de UX/UI, métricas, aspectos observados e fontes.

Categoria	**Métrica Avaliada**	**Aspecto Observado**	**Fonte(s)**
Estética	Clareza e apelo visual da interface	Atratividade visual e imersão	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019)
Aprendizibilidade	Facilidade de aprender a usar	Facilidade de compreensão e aprendizagem da interface	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019)
Operabilidade	Facilidade de navegação e resposta dos comandos	Facilidade de compreensão das regras	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019)
Acessibilidade	Contraste, alternativas textuais, inclusão	Inclusão e acesso a diferentes perfis de jogadores	(PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2019)
Familiaridade	Familiaridade com jogo similar; expectativas; mudanças de versão	Experiências prévias e continuidade do jogo	(NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020; NIELSEN, 1994)
Consistência	Consistência visual; consistência de navegação	Uniformidade visual e de navegação	(NIELSEN, 1994; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)
Alvo de Interação	Tamanho dos botões; espaço entre botões; facilidade de acesso; precisão em alvos pequenos	Facilidade de manipulação e interação física	(NAGALINGAM; IBRAHIM; YUSOFF, 2020; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FITTS, 1954)
Complexidade de Escolha	Nº de opções simultâneas; tempo de decisão; suporte a tarefas complexas	Carga cognitiva em tomadas de decisão	(HICK, 1952; FU; SU; YU, 2009; PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016)
Carga Cognitiva	Complexidade percebida (tarefa e interface)	Demanda cognitiva percebida	(PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)
Fluidez da Interação	Tempo de resposta aos comandos; feedback imediato	Rapidez e clareza das respostas do sistema	(PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009; SEOW, 2008)
Memória da Experiência	Memorabilidade da experiência de jogo	Retenção da experiência e imersão	(PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)
Apelo Visual	Clareza e apelo estético	Clareza visual e atratividade	(PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009)
Destaque Visual	Informação/ação destacada (efeito de isolamento)	Ênfase em informações ou ações relevantes	(PHAN; KEEBLER; CHAPARRO, 2016; FU; SU; YU, 2009; RESTORFF, 1933)

cípios cognitivos que influenciam diretamente a carga mental do jogador, como a quantidade de opções disponíveis, o tempo de resposta da interface e o destaque dado a informações críticas. A inclusão desses elementos reforça a necessidade de alinhar objetivos pedagógicos com boas práticas de design centrado no usuário.

Na seção seguinte, serão discutidas as formas de aplicação empírica do instrumento,

para validar sua utilidade e relevância em diferentes contextos de aprendizagem.

5.3 Validação de Conteúdo

Após a consolidação do instrumento, foi realizada uma validação de conteúdo com especialistas, por meio de um teste piloto. O objetivo foi verificar a clareza, relevância e aplicabilidade das métricas propostas, assegurando que os itens fossem compreensíveis, adequados às dimensões avaliativas e consistentes com a literatura, antes da aplicação em maior escala com os usuários finais.

Os objetivos específicos foram: (i) verificar a compreensão e aplicabilidade das métricas baseadas na TCC (e.g., redundância, contiguidade temporal e espacial) e nas práticas de UX/*UI* em jogos educacionais; (ii) observar se os desenvolvedores participantes conseguem identificar falhas críticas no *design* de jogos educacionais utilizando as métricas propostas; (iii) avaliar a relevância e clareza das questões abertas e das escalas *Likert*.

A amostra foi composta por dois desenvolvedores de jogos educacionais, selecionados por conveniência, ambos com experiência prévia em avaliação de interfaces ou *game design* educacional. A aplicação foi conduzida em ambiente controlado de laboratório (Figura 11). Cada participante analisou um protótipo de jogo educacional utilizando as métricas propostas, em sessões individuais de cerca de 40 minutos. Durante a análise, foram registradas percepções por meio de comentários orais (gravados em vídeo) e anotações diretas em planilhas, onde marcaram o grau de concordância com cada item e sugeriram reformulações quando necessário.

Foram coletados dados qualitativos (respostas abertas) e quantitativos (escalas do tipo Likert), por meio de uma aplicação padronizada que garantiu consistência. Os resultados dessa aplicação serviram para revisar a redação dos itens, verificar a pertinência das categorias e orientar ajustes futuros no instrumento.

5.4 Análise de Dados

Os dados quantitativos e qualitativos obtidos no teste piloto foram analisados de forma complementar. Inicialmente, as respostas quantitativas foram organizadas no *Google Sheets* [5], separando-

[5] Questionário disponibilizado<https://encurtador.com.br/VTtqp>

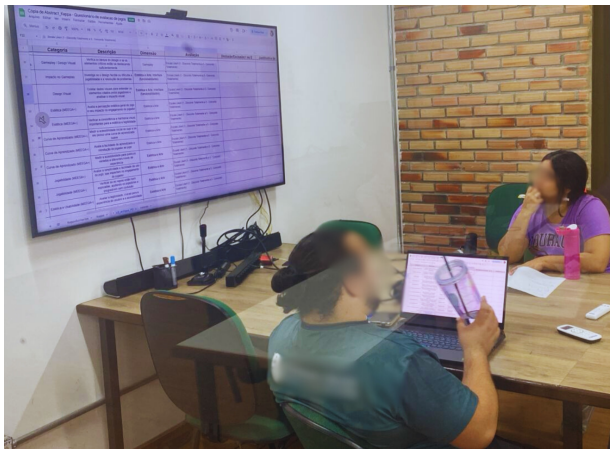


Figura 11 – Ambiente com especialista avaliando questionário.

se os registros de classificação (“Incluir” ou “Excluir”) das pontuações na escala *Likert*. Para cada dimensão (*Game Design* Educacional e *UX/UI Design*), contabilizou-se o número e a proporção de itens mantidos e excluídos, discriminados por categoria, com o objetivo de identificar padrões de aceitação ou a necessidade de revisão.

As respostas abertas e os comentários gravados foram transcritos e analisados por meio de leitura e agrupamento de observações semelhantes. Essa organização permitiu destacar sugestões recorrentes de ajustes, substituição de termos ou consolidação de perguntas.

Por fim, os comentários foram comparados com as frequências obtidas nas respostas quantitativas, a fim de identificar, por exemplo, se itens pouco aceitos também recebiam muitas críticas ou sugestões de mudança. Essa comparação contribuiu para uma melhor compreensão dos motivos que fundamentaram as escolhas dos avaliadores, além de orientar a revisão do instrumento para as próximas etapas da pesquisa.

5.5 Resultados e discussões

Os resultados apresentados a seguir referem-se à avaliação qualitativa do questionário de análise de jogos digitais, com foco em *game design* e UX/UI, conforme exposto na Seção 5. Os especialistas avaliaram cada item em relação à clareza, relevância e adequação à dimensão proposta, podendo sugerir reformulações, justificar exclusões ou confirmar inclusões. O processo foi documentado em planilhas separadas e por meio de comentários registrados no ambiente controlado. Um total de 29 itens foi analisado, distribuído em duas dimensões: *Game Design* e UX/UI. Cada item foi classificado como “Incluir” (I) ou “Excluir” (E), podendo receber comentários justificativos e

sugestões de reformulação.

5.5.1 Análise da dimensão *Game Design*

Nessa dimensão, as categorias mais recorrentes foram relacionadas à narrativa, progressão, estética e *feedback*. Os especialistas mantiveram todos os itens desta dimensão, embora tenham feito observações quanto à necessidade de tornar algumas perguntas mais objetivas e reduzir termos ambíguos. A Tabela 17 apresenta um resumo da quantidade de itens mantidos ou excluídos, por dimensão e categoria.

Tabela 17 – Avaliação dos itens de Game Design

Categoria	**Excluídos (E)**	**Mantidos (I)**
Narrativa e Progressão	0	5
Estética (MEEGA+)	0	4
Curva de Aprendizado (MEEGA+)	0	3
Aprendizibilidade (MEEGA+)	0	3
Total	0	15

A Tabela 18 apresenta os principais comentários feitos pelos avaliadores em relação aos itens da dimensão *Game Design* Educacional. Observa-se que, embora todos os itens tenham sido mantidos na estrutura do questionário, houve sugestões frequentes de ajuste na redação das perguntas, com o objetivo de torná-las mais objetivas, com vocabulário menos técnico e formulação mais próxima da experiência real do jogador.

Essas reformulações foram recomendadas especialmente em casos que a linguagem utilizada era considerada excessivamente técnica, longa ou ambígua. Por exemplo, o termo "marcos de referência", presente em mais de um item, foi considerado pouco intuitivo por ambos os avaliadores. Após consultar a definição, ambos relataram já ter visto exemplos disso em jogos de entretenimento, como no "*Super Mario World*". A pessoa avaliadora P2 sugeriu substituí-lo por "sinalização", termo mais próximo do vocabulário comum dos jogadores e usuários. Outro exemplo refere-se à pergunta sobre o impacto do *design* visual na resolução de desafios, que foi considerada vaga quanto ao que poderia ser entendido como impacto, levando à sugestão de torná-la mais específica em relação ao tipo de desafio e interação analisados.

Além disso, P1 apontou redundância temática entre alguns itens, especialmente os que abordavam os objetivos do jogo. Foi recomendado consolidar essas perguntas para evitar sobreposição de conteúdo e manter o questionário mais enxuto e objetivo. Essas observações jus-

Tabela 18 – Comentários dos Avaliadores sobre itens da dimensão Game Design

ID	Categoria	Pergunta	Comentário (Avaliador)
34	Marcos de referência	Quais marcos de referência você percebeu no cenário e como eles ajudaram a entender seu avanço?	Alterar a pergunta: Quais marcos de referência você percebeu no cenário e como eles ajudaram a entender seu avanço? (P1)
46	Marcos de referência / Objetivos Educacionais	Os objetivos de cada fase estavam claros desde o início?	Pode ficar com as outras questões que falam sobre objetivos. Essa está redundante. (P1)
76	Impacto no Gameplay	O design visual afetou sua capacidade de resolver os desafios da fase?	Alterar a pergunta para deixar mais claro pois está vaga. (P1)
20	Marcos de referência	Quais marcos de referência você percebeu no cenário e como eles ajudaram a entender seu avanço?	Muita informação e pouco fácil de entender, deixar mais direto. (P2)
21	Marcos de referência	Os marcos de referência ajudaram você a entender o que já realizou e o que falta?	Mudar termo técnico, para sinalização por exemplo. (P2)

tificam a importância da etapa de validação qualitativa com especialistas, permitindo identificar problemas na formulação das perguntas antes da aplicação com usuários.

5.5.2 Análise da dimensão UX/UI Design

Os itens avaliados pertencem à categoria geral de Estética e Arte, a qual analisa características como usabilidade, acessibilidade e clareza visual (adequação de fontes e cores) que foram considerados relevantes pelos avaliadores, sendo todos mantidos. Comentários sugeriram ajustes na formulação de algumas perguntas para torná-las mais claras ou específicas quanto ao contexto de aplicação. Na Tabela 19 apresentam-se os itens mais avaliados dessa categoria.

Tabela 19 – Avaliação dos itens de UX/UI

Categoria	Excluídos (E)	Mantidos (I)
Acessibilidade (MEEGA+)	0	2
Usabilidade e Demanda Mental	0	2
Total	0	4

Nenhum comentário foi registrado pelos avaliadores para os itens da categoria Estética e Arte. Todos os itens foram mantidos sem sugestões de reformulação ou exclusão. A ausência de observações pode indicar que as perguntas relacionadas à estética visual do jogo e à sua coerência com o restante da interface foram consideradas claras, pertinentes e adequadas ao contexto da avaliação, uma vez que foram extraídas de modelos com os quais os avaliadores relataram ter familiaridade, como o modelo MEEGA+ (PETRI; WANGENHEIM; BORGATTO, 2016).

5.6 Contribuições da pesquisa

A realização desta pesquisa possibilitou a consolidação de um modelo de avaliação para jogos educacionais digitais que integra, de maneira sistemática, elementos educacionais e princípios de UX/UI design. A partir do desenvolvimento e da aplicação piloto do questionário, aspectos que qualificam o instrumento e reforçam sua pertinência na análise de jogos educacionais. Os principais achados e contribuições incluem:

- **Integração de múltiplas perspectivas teóricas e práticas**: o instrumento combina referenciais consolidados (eGameFlow, EDUGXQ, GUESS, MEEGA+) com princípios de design de interação, heurísticas de usabilidade e fundamentos da Teoria da Carga Cognitiva, resultando em um arcabouço abrangente e aplicável.

- **Definição de dimensões e categorias**: a organização em duas dimensões principais deste capítulo (*Game Design* Educacional e UX/UI) permitiu estruturar categorias e métricas objetivas, contemplando desde a coerência narrativa e mecânicas até aspectos estéticos e de acessibilidade.

- **Instrumento detalhado e modular**: as métricas foram operacionalizadas em perguntas fechadas (escalas *Likert*) e abertas, o que viabiliza análises quantitativas e qualitativas, bem como comparações entre diferentes jogos e perfis de avaliadores.

- **Validação qualitativa inicial**: a aplicação piloto com especialistas mostrou alta taxa de manutenção dos itens (nenhum item excluído), mas também revelou a necessidade de ajustes na redação para reduzir ambiguidade e evitar sobreposição de conteúdo.

- **Aprimoramento da clareza e linguagem**: termos técnicos como "marcos de referência" foram identificados como pouco intuitivos para avaliadores não familiarizados, sugerindo substituições por vocabulário mais próximo da experiência do jogador.
- **Potencial de uso em diferentes contextos**: o formato modular e a base conceitual do instrumento indicam aplicabilidade não apenas para avaliação de jogos prontos, mas também para apoiar etapas de *design* e prototipagem, servindo como guia para desenvolvedores e educadores.
- **Contribuição metodológica**: ao incorporar princípios de UX/UI pouco explorados na avaliação de jogos educacionais (como Lei de Fitts (FITTS, 1954), Lei de Hick (HICK, 1952) e Efeito von Restorff (KARIS; FABIANI; DONCHIN, 1984)), esta pesquisa amplia a análise dos aspectos instrucionais da aprendizagem ao considerar também a qualidade da experiência e o engajamento do jogador.

Esses resultados indicam que o instrumento, mesmo em sua versão inicial, auxiliou na estruturação de aspectos de coerência narrativa, clareza de objetivos, integração entre mecânicas e conteúdo educacional, e elementos-chave de UX/UI, mantendo todos os itens avaliados pelos especialistas. As sugestões recebidas concentraram-se na simplificação de termos técnicos (ex.: substituição de "marcos de referência" por "sinalização") e na eliminação de redundâncias entre perguntas sobre objetivos do jogo, apontando caminhos objetivos para otimizar a clareza e reduzir a sobreposição de itens. A pesquisa resultou em uma proposta revisada do questionário, elaborada a partir de um teste piloto com especialistas. Essa versão incorporou ajustes de linguagem e organização para tornar os itens mais claros e diretos, mantendo todas as categorias previstas e a possibilidade de aplicação tanto em jogos concluídos quanto em fase de desenvolvimento.

Outro ponto importante refere-se ao uso da triangulação de dados, que reforçou a confiabilidade dos resultados ao combinar diferentes fontes de evidência (levantamento bibliográfico, análise documental de EGDDs, validação de conteúdo com especialistas e aplicação piloto), integrando tanto dados quantitativos (escalas Likert) quanto qualitativos (comentários, observações e registros). Essa abordagem permitiu identificar ajustes que dificilmente seriam percebidos por apenas um dos tipos de dado, como a simplificação de termos técnicos e a eliminação de redundâncias em perguntas relacionadas a objetivos. Dessa forma, os dados coletados até aqui apontam consistência teórica, sustentada em modelos consolidados de avaliação de jogos educa-

cionais e em princípios de *UX/UI* aplicados no instrumento, e indicam potencial de aplicação prática nesse contexto. No capítulo seguinte, serão relacionados às demais dimensões do modelo PEACH, a fim de consolidar suas contribuições metodológicas.

6

USANDO O PEACH NA PRÁTICA

Este capítulo apresenta a consolidação e avaliação do modelo PEACH[1], desenvolvido como um instrumento que pode auxiliar na análise da organização visual e do impacto cognitivo em interfaces de jogos educacionais digitais.

O objetivo deste capítulo é examinar a aplicabilidade do PEACH e compreender como este modelo de avaliação de interfaces pode auxiliar desenvolvedores de jogos educacionais na identificação de indícios de sobrecarga cognitiva, contribuindo para a resposta da QP3: *Como identificar indícios de sobrecarga cognitiva em jogos educacionais considerando a cognição humana e o design de jogos?* A análise realizada com base nos critérios do modelo PEACH permitiu observar sua aplicabilidade em contextos reais de uso e levantar evidências que apoiam o refinamento tanto das interfaces avaliadas quanto do próprio modelo.

A necessidade dessa investigação decorre de desafios identificados nas etapas anteriores da pesquisa especialmente evidenciadas no mapeamento sistemático da literatura (Capítulo 3), que mostrou a predominância de medidas subjetivas sem conexão clara com elementos de *design*. As análises baseadas na TCAM (Capítulo 4) reforçaram a dificuldade de integrar princípios cognitivos à organização da informação nos jogos, e a formulação dos critérios de *game design* e *UX/UI* (Capítulo 5) indicou a ausência de instrumentos que articulem esses elementos de forma consistente. Além disso, estudos prévios com NASA-TLX e MEEGA+ (MACENA et al., 2024) não permitiram relacionar os dados subjetivos obtidos a componentes específicos do *design*. Diante dessas limitações, a avaliação empírica do PEACH torna-se necessária para examinar seu potencial e sua relevância no processo de desenvolvimento de jogos educacionais.

A avaliação realizada neste capítulo abrange três casos, cada um relacionado ao jogo

[1] PEACH, acrônimo para *Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*

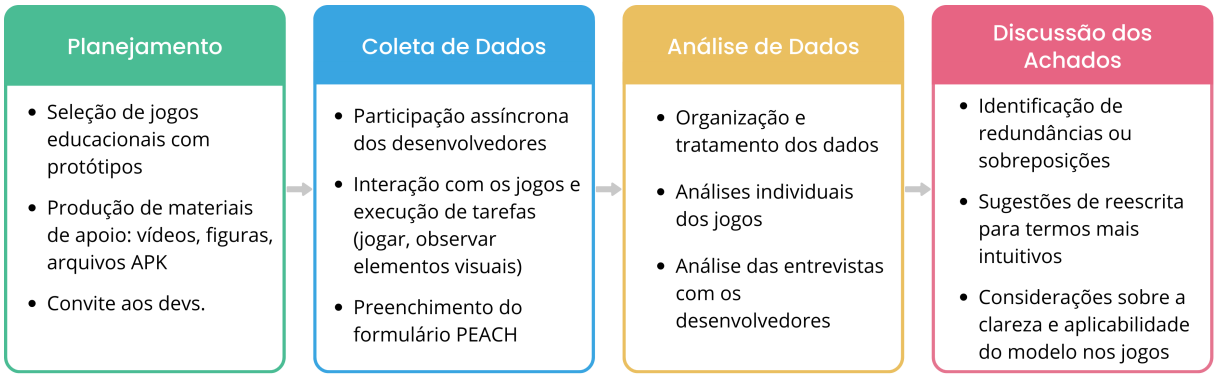


Figura 12 – Etapas da metodologia utilizada para validação do modelo. Fonte: Elaborada pela autora.

desenvolvido por um dos participantes. Os avaliadores são três desenvolvedores com perfis distintos: dois estudantes de graduação (um finalista da Licenciatura em Computação, com cerca de dois anos de experiência em desenvolvimento de jogos, e um estudante do sexto período de Ciência da Computação, que possui experiência prévia em jogos não educacionais) e uma professora licenciada em Computação, com aproximadamente cinco anos de experiência na área. Cada participante aplicou o PEACH ao seu próprio jogo, cujas características são apresentadas nas seções seguintes.

Nesse sentido, para examinar a utilidade do modelo PEACH e identificar aspectos que possam orientar seu aprimoramento, adotou-se uma estratégia de triangulação de dados composta por: (i) a análise documental dos critérios que compõem o modelo, apresentados na Subseção 6.1.2 a seguir, com base nas dimensões de avaliação de Aprendizagem Multimídia, *Game Design* Educacional e UX/UI *Design*; (ii) a aplicação prática do modelo a jogos desenvolvidos pelos próprios avaliadores; e (iii) entrevistas semiestruturadas com os participantes, que aprofundaram percepções sobre clareza, utilidade e aplicabilidade do modelo. Os procedimentos referentes a cada etapa são descritos nas seções seguintes.

Este capítulo está inserido no Ciclo de *Design* na DSR, na fase de avaliação do artefato. Essa etapa tem como finalidade investigar a funcionalidade, utilidade e relevância do modelo em ambientes reais ou próximos ao contexto profissional e acadêmico de criação de jogos educacionais.

A organização do capítulo contempla as seguintes etapas, conforme ilustrado na Figura 12, sendo: (i) planejamento; (ii) coleta de dados; (iii) análise de dados; (iv) recomendações e ajustes na versão consolidada do PEACH.

6.1 Planejamento

O objetivo desta etapa foi organizar o processo de avaliação do modelo PEACH, definindo os jogos, participantes, materiais e procedimentos necessários para a investigação empírica. O planejamento foi estruturado com base em princípios de pesquisa qualitativa, cujo foco é a compreensão aprofundada de fenômenos em contextos naturais, permitindo interpretar significados, percepções e usos do artefato em situações reais (CRESWELL; CRESWELL, 2017). Essa organização preliminar buscou estabelecer a coerência metodológica necessária para as etapas seguintes de coleta e análise de dados, visando garantir alinhamento entre objetivos, estratégias de investigação e natureza dos dados produzidos.

A avaliação seguiu uma estratégia de triangulação de dados, combinando múltiplas fontes e procedimentos, conforme ilustrado na Figura 13. A triangulação estruturou-se em três componentes principais: (i) análise documental, voltada à compreensão interna dos critérios do modelo e ao alinhamento entre suas dimensões teóricas (Aprendizagem Multimídia, *Game Design* Educacional e *UX/UI Design*); (ii) aplicação prática do PEACH aos jogos selecionados, permitindo observar como os avaliadores utilizam os critérios ao analisar as interfaces; (iii) entrevistas semiestruturadas, realizadas após a aplicação prática, para compreender com mais detalhe as percepções dos avaliadores sobre o uso do modelo.

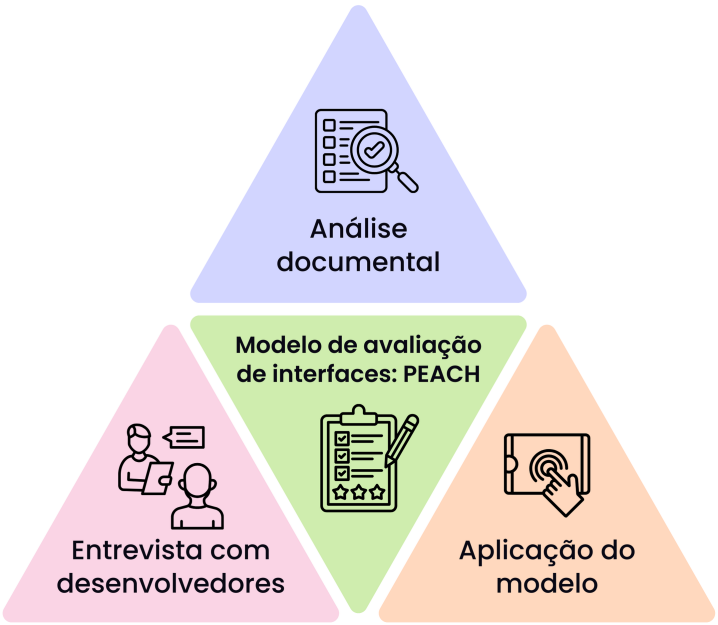


Figura 13 – Triangulação de fontes para consolidar e avaliar o PEACH.

Esses três componentes podem permitir a análise do modelo em diferentes níveis: a análise documental possibilita revisar a consistência interna dos critérios; a aplicação prática

evidencia como o modelo é interpretado em situações reais de avaliação de interface; e as entrevistas complementam essa análise ao esclarecer percepções dos desenvolvedores, dúvidas e interpretações que não surgem necessariamente dos registros escritos (por exemplo, transcrição de falas).

6.1.1 Jogos selecionados para avaliação

Para esta etapa, foram selecionados três jogos em desenvolvimento: *Dungeons & Diabetes*, *RoboHouse* e *Enigma Pirata*, todos ainda em fase de prototipação e com interfaces sujeitas a ajustes, condição alinhada ao propósito do PEACH de apoiar decisões de *design* durante o processo de criação. A escolha desses jogos foi intencional: seus desenvolvedores participaram voluntariamente da etapa de avaliação, disponibilizaram acesso completo aos protótipos, materiais de *design* e versões em construção, e encontravam-se em momentos distintos do processo de desenvolvimento. Essa diversidade de contextos permitiu aplicar o PEACH em situações reais e variadas de prototipação, alinhando-se aos objetivos desta pesquisa de examinar a utilidade do modelo em diferentes desafios de organização visual e carga cognitiva.

O jogo *Dungeons & Diabetes* (PEDROSA et al., 2025) encontra-se em fase inicial de desenvolvimento, com protótipos de baixa fidelidade e uma versão digital ainda em construção. O jogo foi concebido com base nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, mas ainda não passou por avaliações formais. Suas telas, elementos de HUD e fluxo de interação permanecem em definição, configurando um cenário apropriado para uma avaliação formativa do PEACH em etapas iniciais de *design*.

O jogo *RoboHouse* representa um estágio intermediário, pois já foi submetido a avaliações com instrumentos como MEEGA+, NASA-TLX, heatmaps e entrevistas (MIGUEL et al., 2025). Esses estudos identificaram problemas de legibilidade, inconsistências visuais, baixa percepção de botões, erros de navegação e alta demanda mental — aspectos relacionados tanto à organização visual quanto à carga cognitiva extrínseca. O jogo encontra-se em processo de refatoração, o que torna sua versão atual particularmente relevante para observar como o PEACH pode apoiar ajustes estruturais nas interfaces e orientar decisões durante o redesign.

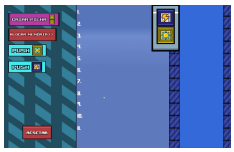
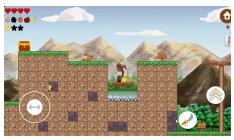
O jogo *Enigma Pirata* apresenta um protótipo de alta fidelidade já testado com estudantes (LAIS et al., 2023). Embora tenha sido bem recebido quanto à jogabilidade, as avaliações apontaram elementos de *design* discrepantes da estética proposta, conteúdo educacional apresentado

de forma muito implícita, dificuldade de progressão e ausência de orientações claras, além de questões de coerência visual no *level design*. Esses achados evidenciam a necessidade de ajustes na clareza informacional e na organização visual, constituindo um caso adequado para aplicação do PEACH.

Além dos diferentes níveis de prototipação, os três jogos já incorporam decisões de *game design* educacional importantes para análise, como organização de HUD (como disposição de barras, ícones, indicadores e mensagens na tela), instruções em tela, mecânicas e dinâmicas de tomada de decisão, permitindo observar o funcionamento do PEACH em situações reais de avaliação de interface. Também variam quanto aos objetivos pedagógicos, públicos-alvo e mecânicas, ampliando a abrangência da análise e fornecendo um conjunto diverso de cenários para examinar o modelo.

A seguir, a Tabela 20 apresenta uma síntese dos três jogos selecionados, destacando seus conteúdos educacionais, públicos-alvo e principais aspectos de interface relevantes para a aplicação do PEACH. Os jogos diferem quanto às mecânicas, objetivos pedagógicos e estilos de interação, o que permite observar o modelo em contextos variados de *game design* educacional.

Tabela 20 – Características dos jogos selecionados para avaliação com o modelo PEACH.

Jogo / Imagem	**Conteúdo Educacional / Público-alvo**	**Gênero / Mecânicas Principais**	**Aspectos de Interface Relevantes ao PEACH**
RoboHouse 	**Conteúdo:** Estruturas de Dados (pilha, fila, deque). **Público-alvo:** estudantes de Computação.	Plataforma 2D; puzzle-aventura; point-and-click. Mecânicas: montagem via *drag-and-drop*, execução de pedidos, múltiplos objetos simultâneos.	Interfaces com atualização constante; múltiplos elementos simultâneos; ícones de tarefas; diferenciação entre itens funcionais e decorativos; necessidade de pistas visuais que orientem decisões rápidas.
Enigma Pirata 	**Conteúdo:** Teoria dos Conjuntos e Pensamento Computacional. **Público-alvo:** EF II e 1º ano EM.	Plataforma 2D; exploração; resolução de enigmas. Mecânicas: coleta, engrenagens matemáticas, desafios com *drag-and-drop*.	HUD com múltiplos indicadores; elementos matemáticos manipuláveis; pistas visuais integradas ao cenário; possível confusão entre itens decorativos e funcionais; necessidade de maior clareza nas instruções e progressão.
Dungeons and Diabetes 	**Conteúdo:** Saúde, diabetes, autocuidado e glicemia. **Público-alvo:** jovens e adultos.	Ação e exploração; gerenciamento de recursos. Mecânicas: coleta de alimentos, uso de insulina, monitoramento glicêmico, exploração de ambientes.	HUD com barra de glicemia; inventário; indicadores de ação; múltiplos estados fisiológicos do personagem; necessidade de vincular instruções ao momento da ação; risco de sobrecarga por elementos simultâneos.

6.1.2 Apoio do modelo PEACH na avaliação

O PEACH foi utilizado nesta etapa como instrumento principal de apoio à análise das interfaces. O modelo reúne, em uma estrutura única, contribuições teóricas e empíricas desenvolvidas ao longo dos capítulos anteriores, integrando princípios da Teoria da Carga Cognitiva, da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (Capítulo 4) e de diretrizes de *game design* educacional e UX/UI (Capítulo 5). Essa consolidação permitiu organizar os critérios em três dimensões complementares, que apoiam a identificação de possíveis indícios de sobrecarga cognitiva e a análise da clareza, organização e coerência das interfaces dos jogos educacionais.

A versão final do modelo foi refinada com base na análise documental realizada nos capítulos anteriores, bem como nos ajustes sugeridos por especialistas durante o processo de validação. As validações preliminares, conduzidas nos Capítulos 4 e 5 e organizadas separadamente por dimensão, também subsidiaram a consolidação apresentada neste capítulo, servindo como base para a versão integrada do modelo PEACH utilizada na etapa de avaliação. Esse refinamento resultou na síntese das três dimensões estruturais do PEACH:

- **Aprendizagem Multimídia**: critérios derivados da TCAM, relacionados à integração entre palavras e imagens, redução de elementos irrelevantes, coerência semântica, distribuição adequada de informação e suporte à atenção do jogador.
- **Game Design Educacional**: critérios que articulam objetivos pedagógicos, narrativa, feedbacks, lógica dos desafios, coerência entre mecânicas e conteúdos, e clareza das metas de aprendizagem.
- **UX/UI Design**: critérios referentes à hierarquia visual, consistência gráfica, legibilidade, uso de cores, padrões de interação, acessibilidade e orientação visual durante a navegação.

As três dimensões foram operacionalizadas em um formulário digital (*Google Forms*), estruturado em formato de *checklist*. Cada critério foi avaliado mediante uma escala Likert de 5 pontos, variando de "concordo fortemente" (1) a "discordo fortemente" (5), acompanhada de campos abertos para justificativas qualitativas. O instrumento final foi composto por 99 itens de avaliação, distribuídos entre as três dimensões: 42 referentes à Aprendizagem Multimídia, 35 ao *Game Design* Educacional e 22 à UX/UI. Essa quantidade de itens reflete a abrangência do modelo e busca cobrir aspectos essenciais da organização visual, clareza informacional, coerência pedagógica e demanda cognitiva nas interfaces dos jogos.

Esse formato permitiu coletar dados quantitativos e descritivos, para uma análise mais abrangente sobre a aplicabilidade do PEACH e sobre como os avaliadores interpretam seus critérios ao examinar as interfaces dos jogos. A Tabela 21, que agrupa os critérios de avaliação por dimensão, apresenta um resumo dos principais elementos de avaliação da estrutura final do modelo e indica orientações para sua aplicação na etapa de avaliação.

Tabela 21 – Critérios consolidados do modelo PEACH, organizados por dimensão.

Dimensão	Categoria	Descrição
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Evita elementos visuais, sonoros ou textuais irrelevantes que distraiam a aprendizagem.
	Contiguidade espacial	Mantém próximos os elementos que se relacionam entre si (ex.: texto e imagem).
	Contiguidade temporal	Apresenta simultaneamente elementos que devem ser compreendidos juntos.
	Imagem	Utiliza imagens relevantes para apoiar o entendimento do conteúdo.
	Modalidade	Prefere imagens com narração falada em vez de textos longos.
	Multimídia	Combina diferentes mídias (texto, imagem, áudio) de forma complementar.
	Personalização	Usa linguagem amigável e conversacional para facilitar o aprendizado.
	Pré-formação	Apresenta conceitos básicos antes de conteúdos complexos.
	Redundância	Evita apresentar a mesma informação em áudio, texto e imagem simultaneamente.
	Segmentação	Divide o conteúdo em partes menores e manejáveis.
	Sinalização	Destaca informações essenciais para facilitar a atenção.
	Voz	Prefere vozes naturais para melhorar a compreensão.
Game Design Educacional	Objetivos educacionais	Define claramente o que o jogador deve aprender.
	Relação conteúdo–mecânica	As mecânicas e desafios reforçam o conteúdo educacional.
	Feedback pedagógico	Fornece retorno imediato sobre erros e acertos.
	Progressão de desafios	Aumenta a dificuldade de forma gradual e coerente.
	Narrativa educacional	A narrativa reforça o objetivo pedagógico.
	Coerência pedagógica	Evita conflitos entre o jogo e o aprendizado esperado.
	Motivação	Incentiva engajamento por meio de desafios significativos.
	Autonomia	Permite ao jogador tomar decisões e explorar caminhos próprios.
	Regras e consistência	Mantém as regras claras e coerentes entre missões e ações.
	Conexão com a prática	Relaciona o aprendizado com situações reais.
UX/UI Design	Hierarquia visual	Organiza elementos conforme sua importância.
	Consistência	Mantém padrões estáveis de ícones, cores e interações.
	Legibilidade	Usa textos claros, legíveis e com bom contraste.
	Codificação por cores	Usa cores de forma funcional e não excessiva.
	Navegação	Oferece caminhos intuitivos entre telas e menus.
	Acessibilidade	Considera necessidades de usuários com limitações.
	Clareza de mensagens	Exibe instruções e mensagens de maneira compreensível.
	Feedback imediato	Mostra rapidamente o resultado das ações do jogador.
	Fluidez da interação	A interface responde de forma rápida e estável.
	Familiaridade	Utiliza padrões conhecidos que facilitam o uso.
	Status e progresso	Indica claramente o progresso e a situação do jogador.
	Operabilidade	A interface é simples, compreensível e fácil de usar.

6.2 Coleta de Dados

A etapa de coleta de dados ocorreu durante a aplicação do modelo PEACH nos três jogos selecionados, com o objetivo de observar como seus critérios se comportam diante das interfaces projetadas pelos desenvolvedores, bem como identificar indícios de sobrecarga cognitiva percebidos pelos próprios desenvolvedores. Essa etapa corresponde à segunda fonte da triangulação de dados (apresentada na Figura 13) e integra o uso prático do modelo às percepções dos avaliadores.

A aplicação prática do PEACH configurou-se como um estudo de caso múltiplo (YIN, 2015), uma vez que o modelo foi utilizado na avaliação de três jogos distintos, cada um constituindo um caso individual de análise. Participaram dessa etapa três desenvolvedores, cada um avaliando o próprio jogo.

A Figura 14 apresenta o fluxo completo de aplicação do modelo PEACH, envolvendo desde a seleção dos jogos (descrita na Seção 6.1) até a inspeção, o preenchimento do formulário de avaliação e a análise dos dados. Nesta seção, detalham-se as etapas relacionadas à coleta de dados (Etapas 2 e 3). A Etapa 1 já foi apresentada no Planejamento, enquanto a Etapa 4 é discutida posteriormente na etapa de Tratamento dos Dados.



Figura 14 – Fluxo de aplicação do modelo PEACH. Fonte: Elaborado pela autora.

Cada jogo foi analisado por seu respectivo desenvolvedor, que atuou como avaliador principal. Essa escolha dos participantes se justifica porque o PEACH é direcionado a apoiar decisões de *design* durante o desenvolvimento de jogos educacionais em sua fase de prototi-

pagem; portanto, sua avaliação em nível de *game design* e organização visual faz mais sentido ser conduzida por quem está diretamente envolvido na criação da experiência. Além disso, o objetivo desta etapa não foi avaliar a experiência do usuário final, mas validar o instrumento em condições reais de criação do jogo, permitindo identificar seu potencial para orientar ajustes estruturais nas interfaces.

Dessa forma, a seleção dos participantes teve como pré requisito, contar com o conhecimento prévio que cada participante possui sobre o contexto pedagógico (como teorias de aprendizagem, sequência didática e os mecanismos de avaliação da aprendizagem, aplicadas ao level design dos jogos, fatores também considerados em EGDDs), além das mecânicas de jogo e das decisões de *design* adotadas, para possibilitar uma análise mais detalhada dos elementos que compõem a experiência do jogador.

A coleta foi realizada individualmente e de forma assíncrona. Cada participante recebeu um pacote padronizado com: (i) os arquivos ou vídeos de demonstração do próprio jogo, preparados conforme os materiais definidos na fase de planejamento; (ii) um roteiro breve indicando quais telas deveriam ser obrigatoriamente observadas; (iii) o link para o formulário digital do PEACH.

O objetivo desse envio prévio foi garantir que todos tivessem acesso às mesmas condições de análise e pudessem verificar previamente se os arquivos estavam funcionando.

Antes do início da aplicação do modelo, os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O documento apresentava os objetivos do estudo, o tipo de participação esperada, o uso das informações coletadas e garantia de que a participação era voluntária e poderia ser interrompida a qualquer momento. A coleta só foi iniciada após a manifestação formal de concordância de cada participante.

6.2.1 Avaliando jogos educacionais usando o PEACH

A aplicação do modelo nos três jogos seguiu um mesmo roteiro para garantir comparabilidade entre os casos. Antes do início da avaliação, cada participante teve acesso aos materiais complementares[2] (APK, vídeos e capturas de tela), o que permitiu uma familiarização inicial com as telas e com o fluxo geral de navegação.

[2] Materiais complementares disponibilizados para os desenvolvedores: <https://drive.google.com/drive/folders/1ToXUyF-GbDAlB4WVnLpEhotF08FZ1LEi?usp=sharing>

1. **Exploração inicial do jogo:** o avaliador interagiu livremente com seu protótipo, percorrendo menus, fases e trechos representativos do fluxo de fases idealizados para uso. Essa etapa permitiu reconstruir a experiência do jogador-alvo e identificar as telas mais relevantes para análise.

2. **Seleção de telas:** após a exploração inicial, o participante selecionou telas e momentos do jogo que considerava mais relevantes para a análise, como telas introdutórias, trechos de *storytelling*, fases jogáveis, instruções, tutoriais, desafios e *feedbacks*. Essas situações, em geral associadas às partes centrais do fluxo de jogo, foram escolhidas por concentrarem informações visuais importantes ou por exigirem decisões do jogador, e serviram como base para o preenchimento dos critérios do PEACH.

3. **Inspeção guiada pelas dimensões do PEACH:** com as telas selecionadas, cada avaliador analisou a interface a partir das três dimensões do modelo (Aprendizagem Multimídia, *Game Design* Educacional e UX/UI *Design*). Nessa etapa, a ênfase da avaliação voltou-se principalmente para a forma como textos, ícones, elementos de HUD (como barras de progresso, indicadores de pontuação, cronômetros ou ícones de status), cores, *feedbacks* e instruções são apresentados ao jogador, sem deixar de considerar aspectos das mecânicas do jogo quando relevantes.

4. **Preenchimento do instrumento:** por fim, o participante registrou suas avaliações no formulário digital, marcando cada critério na escala Likert e justificando suas escolhas em campos abertos, quando solicitado pelo instrumento. Antes de responder a cada critério, o avaliador tinha acesso a uma breve definição da categoria correspondente. Um exemplo é a categoria *Progressão*, definida no instrumento com base nas pesquisas apresentadas no Capítulo 5 como: "Mecanismo que indica ao jogador seu progresso no jogo, incentivando-o a continuar". Essas definições foram incluídas para apoiar o avaliador durante o preenchimento e facilitar a relação entre cada resposta e os elementos observados no próprio jogo.

O tempo total de avaliação variou conforme a complexidade de cada jogo e a quantidade de telas selecionadas, situando-se, em média, entre 40 e 50 minutos por participante. Ao seguir o mesmo procedimento em todos os casos, foi possível comparar o uso do modelo em jogos com propostas pedagógicas e estilos de interface distintos, mantendo condições mínimas de consistência.

6.2.2 Entrevistas semiestruturadas com desenvolvedores

Após o envio e a análise inicial dos formulários preenchidos, cada participante foi convidado a realizar uma entrevista semiestruturada individual. O objetivo dessa etapa foi aprofundar pontos que não ficaram totalmente claros nas respostas do formulário, compreender como os avaliadores interpretaram determinados critérios do PEACH e identificar sugestões de melhoria para o modelo. As entrevistas seguiram um roteiro comum, organizado em três categorias:

- **Compreensão dos critérios:** foram explorados itens que geraram dúvidas durante o preenchimento do formulário, dificuldades de interpretação ou divergências entre a intenção do critério e a leitura feita pelo avaliador.
- **Aplicabilidade ao jogo avaliado:** os participantes foram solicitados a citar exemplos das interfaces de seus jogos que facilitaram ou dificultaram o uso do modelo. Isso permitiu relacionar diretamente as categorias de avaliação do PEACH às decisões de *design* implementadas nos protótipos.
- **Adequação do instrumento à prática de desenvolvimento:** buscou-se identificar percepções sobre o tamanho do *checklist*, clareza da redação dos itens, tempo necessário para aplicação e sugestões de ajustes estruturais.

As entrevistas foram realizadas por chamada de vídeo, via *Google Meet*, com duração média entre 30 e 50 minutos. A gravação foi feita mediante autorização prévia dos participantes, com a finalidade exclusiva de apoiar a análise posterior. Após as sessões, os principais trechos relevantes foram transcritos e integrados ao conjunto geral de dados qualitativos.

O conteúdo registrado nas entrevistas complementou as respostas do formulário, permitindo identificar critérios que necessitavam reformulação, dificuldades de aplicação e pontos fortes percebidos pelos avaliadores durante o uso do modelo.

6.2.3 Tratamento dos dados

A análise dos dados coletados foi conduzida em etapas complementares, combinando às três fontes da triangulação apresentada neste capítulo: (i) a análise documental dos critérios do PEACH; (ii) a aplicação prática do PEACH aos jogos; e (iii) as entrevistas semiestruturadas com os desenvolvedores. Cada uma dessas fontes desempenhou um papel distinto no processo de

validação do modelo, permitindo examinar sua consistência interna, seu uso em situações reais de desenvolvimento e as percepções dos avaliadores sobre sua aplicabilidade.

A primeira etapa consistiu na análise documental, cujo objetivo foi revisar, organizar e consolidar os critérios que compõem o PEACH. Essa revisão envolveu examinar a redação, a categorização e a distribuição dos itens entre as dimensões do modelo, verificando coerência conceitual e ponderando redundâncias.

A segunda etapa concentrou-se nos dados provenientes da aplicação prática do modelo. As avaliações preenchidas no formulário digital foram tabuladas e organizadas por critério e categoria, permitindo identificar padrões de respostas entre os desenvolvedores. Para cada jogo, foram calculados *scores* por item e medianas por dimensão. A escolha pela mediana justifica-se pela natureza ordinal dos dados derivados da escala *Likert*, sendo essa medida mais adequada e robusta para representar tendências centrais nesse tipo de avaliação sem sofrer distorções de valores extremos. A partir desses cálculos, foram gerados *dashboards* individuais por jogo, que sintetizam visualmente o desempenho de cada dimensão do PEACH e facilitam a identificação de pontos críticos e potenciais indícios de sobrecarga cognitiva nas interfaces.

A terceira etapa envolveu a análise qualitativa das entrevistas semiestruturadas realizadas com os desenvolvedores. Após a transcrição dos trechos relevantes, as respostas foram analisadas por meio de codificação temática, para permitir identificar percepções, dificuldades de interpretação e sugestões de melhoria relacionadas aos critérios do modelo.

Por fim, as três fontes foram agregadas por meio de triangulação. A análise documental forneceu a estrutura teórica e conceitual do PEACH; a aplicação prática revelou como os critérios se comportam diante de interfaces reais; e as entrevistas concederam uma perspectiva interpretativa, ajudando a compreender o raciocínio dos desenvolvedores durante o processo de avaliação. Os dados numéricos e qualitativos foram consolidados em planilhas e associados aos *dashboards* produzidos na versão inicial do *software* do PEACH, para facilitar a rastreabilidade e visualização integrada dos achados.

Os dados numéricos e qualitativos foram organizados em planilhas e consolidados em relatórios individuais, apresentados no Apêndice E. Cada relatório inclui: (a) um resumo visual dos *scores* por critério e por dimensão; (b) a mediana obtida nas avaliações; (c) os principais comentários qualitativos; e (d) recomendações de ajustes visuais e cognitivos voltadas ao aprimoramento dos protótipos. Esses relatórios têm caráter formativo e podem apoiar revisões iterativas ao longo do desenvolvimento dos jogos.

6.3 Resultados e Discussões

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do modelo PEACH nos três jogos avaliados e das entrevistas realizadas com seus desenvolvedores. Na primeira parte, são discutidos os achados relacionados à avaliação das interfaces com base nas três dimensões do modelo, destacando padrões, pontos críticos e recomendações identificadas em cada jogo. Em seguida, são apresentados os principais aspectos mencionados pelos participantes nas entrevistas, enfatizando percepções sobre clareza, utilidade e sugestões de melhoria para o PEACH. Por fim, a seção integra essas duas fontes de evidências, permitindo compreender de forma consolidada como o modelo se comporta em diferentes contextos de desenvolvimento.

6.3.1 Análises da aplicação prática do PEACH nos jogos

Esta subseção apresenta os resultados da aplicação prática do modelo PEACH em nos jogos *Dungeons & Diabetes*, *RoboHouse* e *Enigma Pirata*. Cada jogo foi analisado pelo seu desenvolvedor, o que possibilitou examinar como os critérios do modelo são interpretados em contextos distintos de design. Os resultados são descritos individualmente, considerando: (i) as medianas por dimensão; (ii) os aspectos da interface que foram destacados durante o preenchimento; e (iii) sugestões de ajustes derivadas das respostas registradas. O objetivo é documentar como o PEACH foi utilizado e quais elementos da interface apareceram com maior frequência nas avaliações.

Para apoiar a identificação de aspectos do modelo e dos protótipos que demandam atenção, adotou-se como procedimento complementar o destaque de todos os itens avaliados com nota inferior a 4. Esse ponto de corte possui caráter formativo, pois sinaliza critérios percebidos como pouco claros ou insuficientemente atendidos nas interfaces.

6.3.1.1 Análise do jogo “Dungeons & Diabetes”

A avaliação do jogo *Dungeons & Diabetes* apresentou medianas iguais a 4 nas três dimensões do modelo. Na dimensão de Aprendizagem Multimídia, o avaliador atribuiu pontuações altas aos princípios de Coerência, Segmentação e Contiguidade Espacial, indicando que a distribuição textual e visual foi percebida como clara na maior parte das telas observadas. Entretanto, o

item de Contiguidade Temporal recebeu a nota 1, acompanhado da observação de que algumas instruções não apareciam simultaneamente às ações correspondentes, o que dificultava a associação entre explicação e execução. Esse ponto emergiu de forma direta ao responder esse critério específico do PEACH.



Figura 15 – Tela do jogo *Dungeons & Diabetes*, avaliada pelo participante.

Na dimensão de *Game Design* Educacional, os objetivos da fase e as instruções iniciais foram considerados compreensíveis, mas a análise registrou dúvidas quanto à função de determinados elementos do HUD. O avaliador mencionou que um dos ícones parecia decorativo (Figura 15), embora fosse funcional, o que resultou em notas intermediárias para esse critério. A estrutura narrativa e a relação com o tema do diabetes foram percebidas como adequadas. Contudo, o avaliador destacou que algumas instruções poderiam ser mais claras. No caso da tela de interação com o Boneco Vendedor (Figura 16), a mensagem exibida no diálogo não explicita de forma suficiente as condições necessárias para que a ação seja realizada, o que impactou diretamente a interpretação do critério correspondente no PEACH.



Figura 16 – Tela de interação com o Boneco Vendedor.

Na dimensão de UX/UI, a principal observação referiu-se à quantidade de elementos exibidos simultaneamente na tela, especialmente quando indicadores de glicemia, inventário e ícones de ação estavam presentes. Esse aspecto recebeu nota 3, sugerindo que o acúmulo de itens exigiu maior atenção do que o desejado para localizar as ações principais. O avaliador também destacou que alguns ícones poderiam ser apresentados com maior destaque visual.

De modo geral, a partir das respostas no PEACH, três pontos ficaram evidentes para o avaliador: (i) o item referente a categoria "Contiguidade Temporal" recebeu nota 1, acompanhado da justificativa de que "texto e imagem não aparecem juntos", o que levou à revisão do tutorial; (ii) no critério de "Coerência Visual" da dimensão UX/UI, a marcação em nível intermediário veio acompanhada do comentário de que "o ícone da loja parece decorativo", indicando a necessidade de esclarecer sua função; (iii) o item sobre quantidade de elementos simultâneos recebeu nota 3, com observação de que "o HUD fica cheio com a glicemia e inventário", o que pode ter motivado o desenvolvedor a reconsiderar sua organização. Esses pontos foram registrados diretamente no formulário, para orientar as revisões propostas pelo desenvolvedor.

Além da análise numérica, as respostas qualitativas fornecidas pelo avaliador (relatório completo no Apêndice E.1) ajudam a interpretar as notas atribuídas, esclarecendo aspectos específicos das dimensões de Aprendizagem Multimídia e *UX/UI*.

Sobre o progresso no jogo, o participante relatou que o avanço ocorre principalmente por meio de níveis e itens coletáveis (como chaves, moedas e itens de cura). A ausência de *power-ups* e de indicadores visuais mais claros de progressão fez com que os marcos de referência fossem percebidos apenas parcialmente, o que explica as notas intermediárias nesses critérios. Quanto ao *design* dos personagens, elementos como aparência, posição na tela, reações a erros e mensagens foram avaliados positivamente, mas nem sempre reforçavam o conteúdo pedagógico. Essa inconsistência se refletiu nos critérios de Estética e Personagens, indicando a necessidade de integrar melhor aspectos visuais e objetivos educacionais.

O avaliador também mencionou obstáculos que interferiram no ritmo da interação, como *layout* confuso, puzzles mal balanceados e barreiras consideradas desnecessárias. Esses pontos impactaram diretamente Operabilidade e Fluidez, sugerindo ajustes na organização das fases. Em relação aos marcos de referência, diálogos, NPCs, *checkpoints*, portais e ícones educativos foram úteis, mas não de forma consistente. A dificuldade relatada na última sala do tutorial, onde a obtenção da caneta não ficou evidente, contribuiu para as notas moderadas de clareza visual e orientação espacial.

Por fim, o avaliador observou que os alimentos relacionados ao controle da glicose acabaram chamando mais atenção do que outros elementos da interface. Essa predominância perceptiva ajuda a explicar as avaliações reduzidas nos critérios de Sinalização e Multimídia, que analisam o equilíbrio entre estímulos visuais e sua função na orientação do jogador. Tais observações foram adicionadas diretamente com os resultados da escala Likert, principalmente nos princípios de Contiguidade Temporal, Multimídia e Sinalização, que receberam as notas mais baixas, e justificam os itens listados na Tabela 22. No conjunto, sintetizam os aspectos da interface que necessitam de revisão para aprimorar a clareza, a navegabilidade e a comunicação dos objetivos educacionais do jogo.

Tabela 22 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Dungeons & Diabetes*.

Dimensão	**Princípio/Critério**	**Item a ser corrigido**	**Nota**
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Evita o uso de elementos auditivos que não fazem parte do conteúdo principal.	3
	Contiguidade Espacial	As informações visuais e auditivas são sincronizadas para facilitar a compreensão.	1
	Multimídia	A interface integra diferentes mídias de maneira clara.	3
	Multimídia	A interação entre áudio e imagem melhora a compreensão do conteúdo.	1
	Sinalização	O uso de sons auxilia na sinalização de eventos importantes.	1
	Sinalização	O destaque de elementos críticos na interface ajuda na tomada de decisão.	3
UX/UI	Personagens	Os obstáculos no jogo eram visualmente claros e diferenciados.	2
	Marcos de referência	Os elementos visuais da interface ajudaram a identificar o progresso no jogo.	3
	Marcos de referência	Os elementos visuais eram coerentes e ajudavam na navegação.	3
	Estética	Os textos, cores e fontes combinam.	3
	Operabilidade	As fontes utilizadas no jogo são fáceis de ler.	3
	Acessibilidade	As cores utilizadas no jogo são legais.	2
	Informações para objetivos	Sou notificado imediatamente sobre novas tarefas.	2
	Alvos de interação	A quantidade de opções na tela é adequada para a atividade.	3

6.3.1.2 Análise do jogo “RoboHouse”

O jogo *RoboHouse* apresentou mediana igual a 3 nas três dimensões do modelo. Na dimensão de Aprendizagem Multimídia, os critérios de Coerência receberam notas intermediárias e o item referente à *Simplificação da Tela* foi avaliado com nota 2. O avaliador relatou que alguns objetos decorativos apareciam próximos a elementos interativos, o que dificultava distinguir o que era

funcional no ambiente. Além disso, o equilíbrio entre texto e imagem recebeu nota baixa, pois certas instruções eram apresentadas em caixas de mensagens com textos longos e distantes dos objetos correspondentes. O relatório completo do PEACH, contendo todas as respostas e tabelas utilizadas nesta análise, encontra-se no Apêndice E.2.

Na dimensão de Game Design Educacional, os objetivos gerais da fase foram considerados claros, mas o critério do PEACH relacionado à indicação de progresso recebeu a menor nota (1). O avaliador registrou que o jogo não apresenta marcadores visuais que indiquem avanço ou conclusão de tarefas, o que dificultou perceber em que estágio da atividade o jogador se encontra. Esse aspecto só emergiu de forma explícita porque o modelo solicita a verificação direta desse ponto no item "Se sim, quais mecanismos o jogo fornecia para mostrar seu progresso? (Selecione todas as opções que se aplicam)".

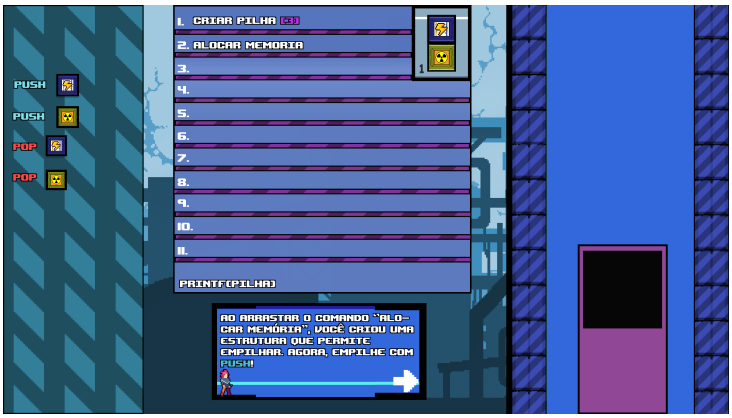


Figura 17 – Tela utilizada pelo avaliador para exemplificar a ausência de destaque das ações principais.

Na dimensão de UX/UI, o avaliador apontou facilidade de uso dos controles, mas observou que a interface não destacava de forma clara as ações principais, o que contribuiu para notas intermediárias no critério de feedback imediato. Esse ponto ficou evidente em telas como a apresentada na Figura 17, em que múltiplos comandos e espaços de ação são exibidos simultaneamente, mas sem elementos visuais que orientem diretamente o jogador sobre qual ação deve ser executada naquele momento. Algumas ações não retornavam mensagens claras sobre sua execução, e o avaliador marcou ícones específicos na tela para indicar onde essa dificuldade ocorria (Figura 18).

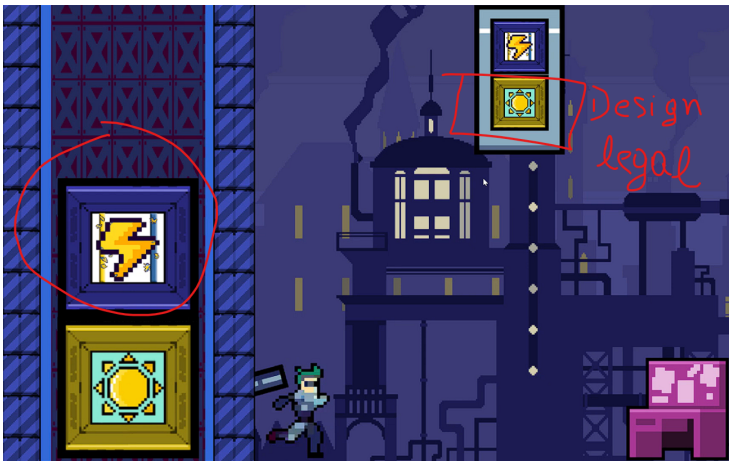


Figura 18 – Tela do jogo *Robohouse*, avaliada pelo participante.

Além das notas numéricas, as respostas qualitativas do formulário complementaram a interpretação dos resultados. O desenvolvedor relatou não ter identificado mecanismos de progresso, coletáveis ou obstáculos formais durante a fase, o que reforça as baixas pontuações nos critérios relacionados a progressão e função de itens no jogo. Apesar disso, alguns marcos de referência foram percebidos, como estruturas visuais destacadas, uso de cores e iluminação diferenciada, além de setas e sinalizações no ambiente, que ajudaram parcialmente na navegação. O avaliador também mencionou que animações instrutivas, feedback visual imediato e realce por cores contribuíram para reforçar o conteúdo pedagógico, enquanto elementos como as baterias chamaram atenção por seu design diferenciado. Por fim, indicou não ter encontrado dificuldade em distinguir elementos funcionais de decorativos, sugerindo que, apesar da ausência de indicadores formais, parte dos elementos críticos estava suficientemente clara.

Os itens que receberam notas mais baixas explicitaram ao desenvolvedor elementos que não haviam sido considerados problemáticos anteriormente. No critério de *Simplificação da Tela* (nota 2), o avaliador indicou que muitos objetos do cenário competem visualmente com itens interativos, o que levou à revisão da distribuição visual. O item *Equilíbrio entre imagem e texto* (nota 2) foi acompanhado da observação de que as instruções longas aparecem separadas dos objetos, evidenciando a necessidade de maior proximidade entre instruções e elementos da interface. Além disso, o critério de *Indicação de Progresso* recebeu nota 1, pois segundo o avaliador "não há nenhuma forma de saber o andamento da tarefa". Conforme apresentado na Tabela 38, diversos critérios receberam notas inferiores a 4, concentrando-se especialmente nas dimensões de Aprendizagem Multimídia e UX/UI.

Tabela 23 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Robohouse*.

Dimensão	**Princípio/Critério**	**Item a ser corrigido**	**Nota**
Aprendizagem Multimídia	Coerência	O jogo evita elementos irrelevantes que podem distrair da tarefa principal.	3
	Coerência	Os textos e elementos apresentados são necessários para entender a atividade.	3
	Contiguidade Temporal	As informações aparecem no momento em que são necessárias.	3
	Pré-formação	As instruções iniciais prepararam adequadamente para o jogo.	3
	Imagem	As imagens apresentadas são claras e compreensíveis.	3
	Imagem	As imagens ajudam a entender o que deve ser feito.	3
	Multimídia	A combinação de texto e imagem melhora a compreensão.	3
	Sinalização	O jogo usa elementos visuais que destacam informações importantes.	2
	Sinalização	Os elementos de destaque ajudam a identificar ações relevantes.	3
	Sinalização	Os elementos críticos aparecem em evidência no momento adequado.	3
Game Design Educacional	Progressão	Os desafios evoluem de maneira coerente com o aprendizado.	3
	Progressão	O jogo apresenta desafios em ordem crescente de complexidade.	3
	Coletáveis	Os itens coletáveis têm função clara no progresso do jogo.	3
UX/UI	Coletáveis	Os elementos coletáveis estão fáceis de identificar.	3
	Personagens	Os elementos importantes do cenário são visualmente distintos.	2
	Marcos de referência	Os elementos visuais ajudam a identificar o progresso.	3
	Estética	Os textos, cores e fontes combinam.	3
	Operabilidade	As fontes utilizadas no jogo são fáceis de ler.	2
	Acessibilidade	As cores utilizadas no jogo são adequadas.	2
	Navegação	A interface do jogo é fácil de navegar.	2
	Informações para objetivos	Sou notificado imediatamente sobre novas tarefas.	3
	HUD	Os elementos do HUD são fáceis de identificar.	2
	Padrões de interação	Os padrões de interação são claros e reconhecíveis.	2
	Alvos de interação	O tamanho e espaçamento dos botões é adequado.	2
	Alvos de interação	A quantidade de opções na tela é adequada.	2
	Clareza visual	Ações e informações-chave estão claramente destacadas.	2

6.3.1.3 Análise do jogo “Enigma Pirata”

A avaliação do jogo *Enigma Pirata* apresentou mediana 4 na dimensão de Aprendizagem Multimídia e mediana 3 nas dimensões de Game Design Educacional e UX/UI. A avaliadora relatou

que vários elementos da interface eram compreensíveis, mas registrou dificuldades específicas relacionadas à integração multimodal, à clareza das metas e à organização visual do HUD. A Figura 19 ilustra uma das telas analisadas durante o preenchimento do PEACH e serviu como referência para diversas observações feitas pela participante. O relatório completo do PEACH, contendo todas as respostas e tabelas utilizadas nesta análise, encontra-se no Apêndice E.3.



Figura 19 – Tela do jogo *Enigma Pirata*, avaliada pelo participante.

Na dimensão de Aprendizagem Multimídia, os princípios de Coerência e Segmentação receberam notas altas, indicando que a distribuição dos elementos e a divisão do conteúdo foram percebidas como adequadas. Entretanto, os critérios ligados ao uso de áudio apresentaram as menores pontuações. O item Voz recebeu nota 1, acompanhado do comentário de que a narração não acompanha o ritmo da ação, enquanto a integração entre áudio e imagem também foi avaliada com nota 1 devido ao uso de efeitos sonoros que não estavam diretamente associados aos eventos da cena. Esses registros sugerem que o alinhamento multimodal ainda precisa ser ajustado para favorecer a compreensão do jogador.

Na dimensão de *Game Design* Educacional, os objetos coletáveis (como estrelas e o baú principal) foram avaliados de forma positiva. No entanto, o item referente à clareza das metas da fase recebeu nota 3, pois a relação entre a pista textual e a operação de conjuntos não fica evidente durante a jogabilidade. Como ilustrado nas Figuras 20(b) e 20(a), a pista apresentada ao jogador nem sempre permite estabelecer, de imediato, a conexão com o desafio que precisa ser resolvido para avançar. Além disso, o critério relacionado aos marcos de referência no cenário também recebeu nota baixa; contudo, ao revisar o vídeo e as capturas de tela, foi possível identificar placas com setas e outros elementos que poderiam desempenhar essa função. Isso indica que a visibilidade desses itens pode não ter sido suficientemente clara, sugerindo a necessidade de reforçar a sinalização ou o contraste desses elementos.



(a) Desafio de conjuntos.



(b) Pista textual exibida ao jogador.

Figura 20 – Exemplos das telas mencionadas na avaliação, evidenciando a relação pouco evidente entre a pista textual e o desafio de conjuntos.

Na dimensão de UX/UI, a avaliadora apontou diferenças de estilo entre os ícones do HUD, o que resultou em nota 2 para o critério de coerência visual. A hierarquia visual recebeu nota intermediária (3), acompanhada do comentário de que informações essenciais não se destacavam em relação a elementos decorativos do cenário (Figura 19). Também foram registradas dificuldades relacionadas ao design visual do nível, incluindo o uso de cores e detalhes do ambiente que competiam visualmente com objetos relevantes para a progressão. Além disso, a tela de desafio para desbloquear plataformas móveis foi percebida como pouco clara, uma vez que a relação entre o enigma apresentado e o efeito da ação não estava evidente.

De forma geral, os registros da aplicação do PEACH apontam que o protótipo combina elementos visuais bem organizados com desafios relacionados à integração multimodal, à explicitação das metas pedagógicas e à padronização do HUD. Esses aspectos foram destacados nas notas e justificativas fornecidas pela avaliadora.

O avaliador identificou alguns elementos qualitativos que ajudam a contextualizar as notas atribuídas ao jogo *Enigma Pirata*. Entre os mecanismos de progresso, foram mencionados o uso de um mapa de avanço, itens coletados e estrelas escondidas, embora certos aspectos relacionados a coletáveis e *power-ups* não tenham sido reconhecidos. O avaliador também destacou a presença de diferentes tipos de *puzzles* (lógicos, espaciais, de correspondência e matemáticos), o que sugere variedade nas interações propostas.

Quanto ao *design* visual, chamaram atenção a aparência dos personagens e as mensagens exibidas, ao mesmo tempo em que alguns obstáculos foram associados ao uso de cores e iluminação que poderiam dificultar a leitura visual. Elementos como mapas interativos e ícones educativos foram percebidos como úteis para reforçar conteúdo, ainda que alguns marcos de referência não tenham sido claramente identificados. Uma das observações citou que a tela de

desafio para desbloqueio de plataformas poderia ser apresentada de forma mais clara. Por fim, elementos da interface foram os componentes visuais que mais se destacaram durante a fase.

Essas percepções dialogam com os critérios que receberam notas inferiores a 4 e que estão organizados na Tabela 24, indicando pontos que podem ser revisados tanto na dimensão visual quanto na forma como informações e interações são estruturadas ao longo do jogo.

Tabela 24 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Enigma Pirata*.

Dimensão	**Princípio/Critério**	**Item avaliado**	**Nota**
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Evita o uso de elementos visuais que não fazem parte do conteúdo principal.	3
	Modalidade	O protótipo utiliza uma combinação eficaz de áudio e elementos visuais.	3
	Modalidade	A interface apresenta as informações de forma clara usando diferentes modalidades.	2
	Contiguidade Espacial	Os elementos visuais e textuais relacionados estão próximos uns dos outros.	3
	Personalização	O texto é amigável e envolvente.	2
	Imagem	As imagens são coerentes com o contexto do jogo.	3
	Imagem	A interface apresenta bom equilíbrio entre imagens e texto.	3
	Voz	A narração acompanha as ações do jogo.	1
	Voz	A narração é sincronizada com os elementos da cena.	1
	Voz	Os efeitos sonoros se relacionam com o conteúdo educacional.	1
	Multimídia	Os sons ajudam a compreender a tarefa.	3
	Multimídia	A integração entre áudio e imagem é clara.	1
	Sinalização	Os elementos importantes estão destacados.	3
Game Design Educacional	Progresso	Os elementos visuais de progresso estavam fáceis de identificar.	3

Tabela 24 – Continuação

Dimensão	**Princípio/Critério**	**Item avaliado**	**Nota**
	Progresso	O modo como o progresso é exibido ajuda a saber o que fazer a seguir.	3
	Objetivos	Os objetivos do jogo estavam apresentados de forma clara.	3
	Objetivos	As missões estavam claras.	3
	Coletáveis	Os itens coletáveis contribuíam para a progressão.	3
	Coletáveis	Os itens coletáveis estavam claramente visíveis.	3
	Power-ups	Os power-ups influenciavam temporariamente ações do jogador.	3
	Puzzles	A aparência dos puzzles despertou interesse.	3
	Puzzles	Consegui entender facilmente onde interagir no puzzle.	3
	Personagens	O visual dos personagens ajudou a compreender o objetivo educativo.	3
	Personagens	As ações dos personagens ajudaram a compreender o que fazer.	3
UX/UI	Obstáculos	Os obstáculos eram visualmente claros e coerentes com a temática do nível.	3
	Obstáculos	Obstáculos foram bem integrados ao gameplay.	3
	Marcos de referência	Os marcos ajudaram a entender o caminho correto.	3
	Marcos de referência	Os elementos visuais ajudaram a identificar o ponto de chegada.	3
	Clareza geral	Os elementos visuais reforçam o conteúdo educacional.	3
	Clareza geral	Os elementos da interface mostraram claramente como controlar ações.	3

Tabela 24 – Continuação

Dimensão	Princípio/Critério	Item avaliado	Nota
	Navegação	A interface é fácil de navegar.	3
	Navegação	Os controles são simples.	3
	Feedback	Recebo feedback imediato sobre minhas ações.	3
	Feedback	Sou notificado sobre novas tarefas.	3
	Feedback	Recebo informações sobre meu status.	3
	HUD	Os elementos do HUD mantêm aparência coerente.	3
	Interação	Os padrões de interação são reconhecíveis.	3
	Interação	Botões têm tamanho e espaçamento adequados.	3
	Interação	Quantidade de opções é adequada.	3
	Interação	Ações e informações-chave estão claramente destacadas.	3
	Estética	Os textos, cores e fontes combinam.	3
	Estética	O design do jogo é atraente.	3

6.3.1.4 Comparação entre os jogos avaliados

A comparação entre os três jogos avaliados permite observar como o PEACH se comporta em contextos distintos de desenvolvimento, tanto em termos de maturidade do protótipo quanto de experiência e perfil dos desenvolvedores. No conjunto geral, o *Dungeons & Diabetes* apresentou as medianas mais altas nas três dimensões do modelo, o *Enigma Pirata* ocupou uma posição intermediária e o *RoboHouse* concentrou a maior quantidade de itens avaliados com nota inferior a 4.

O *Dungeons & Diabetes* foi o jogo com melhor desempenho numérico, com medianas iguais a 4 em Aprendizagem Multimídia, Game Design Educacional e UX/UI. Esse resultado está associado à clareza inicial dos objetivos educacionais e à organização básica das telas, que apresentam de forma direta o tema do diabetes, a barra de glicemia e os itens associados ao controle da doença. No entanto, a interpretação desses valores precisa considerar o estágio do

protótipo e seu suporte documental. O jogo possui apenas uma fase tutorial e uma fase jogável consolidadas, sem um EGDD ou documentação de design completamente estruturada, o que limita a variedade de situações observadas e restringe a avaliação a um recorte inicial do projeto.

Além disso, o desenvolvedor tem maior familiaridade com programação do que com teorias de aprendizagem, o que gerou dúvidas na interpretação de alguns critérios do PEACH relacionados a princípios multimídia e pedagógicos. Esse perfil é relevante para a validação do modelo, pois mostra que, mesmo com menor bagagem teórica em aprendizagem, o desenvolvedor conseguiu identificar problemas de contiguidade temporal, sobrecarga de elementos no HUD e ausência de sons a partir das perguntas do modelo, indicando que o PEACH é razoavelmente intuitivo para perfis técnicos, embora alguns critérios demandem exemplos mais concretos para apoiar sua aplicação.

O *Enigma Pirata* apresentou desempenho intermediário, com mediana 4 na dimensão de Aprendizagem Multimídia e medianas 3 em *Game Design* Educacional e UX/UI. Diferentemente do *Dungeons & Diabetes*, este jogo conta com quatro fases prototipadas, o que amplia o escopo da avaliação e aumenta a quantidade de situações e elementos de interface analisados pela desenvolvedora. A estética visual encontra-se em estágio mais avançado, com cenários, personagens e HUD já próximos da versão final, o que explica as boas avaliações em coerência, contiguidade espacial e segmentação. Ao mesmo tempo, a maior variedade de fases evidenciou fragilidades na clareza das metas pedagógicas e na integração entre pistas textuais, operações matemáticas e feedback dos desafios. As respostas no PEACH registram dificuldades em entender a relação entre texto e ação, ausência de marcos visuais claramente percebidos e problemas de integração multimodal, como narração e efeitos sonoros que não reforçam diretamente os eventos relevantes da tela. Esses aspectos justificam as notas inferiores nas dimensões de Game Design Educacional e UX/UI, mesmo em um protótipo visualmente mais elaborado.

O *RoboHouse* foi o jogo com pior desempenho relativo entre os três casos, com medianas iguais a 3 em Aprendizagem Multimídia e Game Design Educacional e mediana 2 em UX/UI. Trata-se de um protótipo em estágio intermediário, que já passou por avaliações prévias com instrumentos como MEEGA+, NASA TLX e *heatmaps* e se encontra em processo de refatoração das interfaces.Nessa condição, o PEACH evidenciou um conjunto mais amplo de fragilidades,incluindo baixa distinção visual de elementos essenciais para a interação, dificuldades de navegação, ausência de marcadores visuais de progresso e instruções longas e distantes dos elementos a que se referem. Também foram identificadas questões de legibilidade, escolha de

cores e distinção entre elementos decorativos e funcionais, que afetam diretamente a clareza da interação. A combinação desses fatores explica a maior concentração de itens com notas inferiores a 4, sobretudo na dimensão de UX/UI.

De forma geral, os resultados indicam que o PEACH diferencia não apenas o desempenho dos jogos em termos de aderência aos critérios de avaliação, mas também as condições em que cada protótipo se encontra. O *Dungeons & Diabetes* obteve melhores medianas, mas em um contexto de poucas fases avaliadas, documentação ainda não consolidada e desenvolvedor com perfil mais técnico, o que sugere a necessidade de novas aplicações conforme o jogo avance. O *Enigma Pirata* apresentou avaliação intermediária, com mais fases e maior fidelidade visual, o que permitiu identificar problemas de integração pedagógica e funcionalidade do HUD que não aparecem em protótipos muito iniciais. O *RoboHouse* apresentou o maior número de fragilidades, evidenciadas pelas baixas avaliações em navegação, legibilidade, distinção visual e clareza das instruções. Esses resultados mostram como o PEACH destaca de forma consistente problemas de organização visual e de carga cognitiva, por exigir mais esforço do jogador para entender o que fazer nas fases de jogo.

6.3.1.5 Recomendações geradas pelo PEACH

Nos três casos analisados, o PEACH não atuou apenas como um instrumento de pontuação, mas também como um apoio para reflexão, oferecendo aos desenvolvedores indicações sobre aspectos que poderiam ser aprimorados nas próximas iterações dos protótipos. As recomendações derivam diretamente dos critérios avaliados com notas inferiores a 4, que variam de problemas críticos (nota 1) a fragilidades intermediárias (notas 2 e 3). Esses elementos sinalizam pontos que requerem atenção, enquanto os itens com notas 4 e 5 evidenciam práticas já bem aplicadas e que podem ser mantidas e integradas ao *level design* e ao *learning design*.

Como os três jogos encontram-se em estágios diferentes de maturidade, o conteúdo das recomendações reflete não apenas as fragilidades identificadas, mas também condições do próprio desenvolvimento, como documentação disponível, número de fases, fidelidade visual e experiência prévia dos desenvolvedores. Nos relatos coletados, todos os participantes mencionaram que a aplicação do PEACH os levou a revisar escolhas que ainda não haviam sido questionadas no processo de desenvolvimento, o que sugere um potencial formativo do instrumento ao tornar explícitos elementos que antes passavam despercebidos.

No *Dungeons & Diabetes*, o modelo indicou a necessidade de reorganizar o HUD, reduzindo a concentração de botões simultâneos, incorporar elementos sonoros para apoiar a compreensão das ações e aprimorar a integração entre instruções e eventos da tela. Como o protótipo possui apenas uma fase tutorial e uma fase jogável, sem documentação consolidada, parte das recomendações envolve verificar a consistência visual e pedagógica conforme novas fases forem desenvolvidas.

No *Enigma Pirata*, que apresenta quatro fases prototipadas e maior fidelidade visual, as recomendações concentraram-se na clareza pedagógica e na funcionalidade da interface. Os itens avaliados com notas inferiores a 4 indicam a necessidade de tornar mais explícita a relação entre pistas textuais e operações matemáticas, reforçar a saliência de elementos interativos e melhorar a integração multimodal, especialmente entre sons, pistas e consequências das ações. A variedade de telas e desafios permitiu observar inconsistências entre estética e função que não aparecem em protótipos mais iniciais.

No *RoboHouse*, as recomendações foram mais numerosas, refletindo o maior número de critérios avaliados com notas inferiores a 4, em especial na dimensão de UX/UI. O PEACH apontou fragilidades em navegação, legibilidade, distinção entre elementos decorativos e funcionais e clareza das instruções, além da ausência de marcadores visuais evidentes. Como o protótipo encontra-se em processo de refatoração, essas recomendações evidenciam problemas estruturais que requerem revisão mais ampla.

A partir dos casos analisados nesta pesquisa, o PEACH mostrou-se particularmente adequado para protótipos de média fidelidade, nos quais já existem elementos visuais, pedagógicos e interativos suficientes para que inconsistências relevantes possam ser identificadas, ao mesmo tempo em que ainda há flexibilidade para incorporar as melhorias sugeridas. Assim, as recomendações do modelo configuram um retorno formativo que traduz fragilidades identificadas em ações concretas de melhoria adaptadas ao estágio de desenvolvimento de cada jogo.

6.3.2 Análise das entrevistas com os desenvolvedores

As entrevistas realizadas após a aplicação do PEACH tiveram o objetivo de compreender como os desenvolvedores interpretaram os critérios do modelo, quais aspectos facilitaram ou dificultaram o preenchimento e de que forma o instrumento influenciou a revisão dos protótipos. As falas permitiram detalhar aspectos que não apareceram nas respostas quantitativas, principalmente

no que diz respeito à clareza dos critérios, à utilidade do instrumento e à forma como cada dimensão foi compreendida pelos desenvolvedores.

De modo geral, os participantes relataram que o formulário ofereceu uma estrutura que os levou a observar elementos da interface que normalmente não analisariam durante o desenvolvimento. No entanto, também identificaram trechos que consideraram extensos, termos técnicos pouco familiares e itens que, na percepção deles, pertenciam a dimensões diferentes. Esses pontos foram recorrentes entre participantes com menor contato prévio com teorias de aprendizagem multimídia.

Clareza e Compreensão dos Critérios. As entrevistas demonstraram desafios relacionados à clareza de alguns critérios do modelo PEACH. Participantes P2 e P4, por exemplo, verificou-se a dificuldade em compreender a separação entre os tópicos avaliativos. Ademais, P2 relatou: "Eu só avaliei os princípios porque achei que era só eles", indicando uma confusão entre as seções do modelo, e sugerindo que precisava deixar mais explícito no começo do questionário, que se trata da avaliação do princípio na versão do jogo que está sendo avaliada. P4 expressou dúvidas em relação ao princípio da Modalidade e sua aplicação, sugerindo que o enunciado poderia ser mais objetivo. Tais observações indicam que o vocabulário técnico e a estrutura das perguntas podem comprometer a compreensão, sobretudo por avaliadores com menor familiaridade com os termos da teoria da aprendizagem multimídia.

Apesar disso, houve menções positivas à compreensão de critérios específicos. P3 afirmou que "todos estavam bem claros", indicando que a estrutura conceitual era acessível quando bem contextualizada. Ainda assim, a presença de termos ambíguos como "coerência da aparência" demonstrou necessidade de reformulação textual para tornar os itens mais intuitivos. Uma outra sugestão do avaliador foi disponibilizar o material de apoio com os conceitos das categorias, principalmente referentes a Aprendizagem Multimídia, para que tivessem acesso mais fácil e uma melhor compreensão quando fossem avaliar seus jogos.

Relevância dos Critérios para Avaliação. Os desenvolvedores reconheceram que vários critérios do PEACH ajudaram a evidenciar aspectos do jogo que não estavam suficientemente claros. A dimensão de *Game Design* Educacional, especialmente os itens ligados a *feedback*, *clareza de metas e relação entre conteúdo e mecânica*, foi frequentemente mencionada como útil. Um dos participantes afirmou que, ao responder sobre *feedback* imediato, percebeu que "o jogo não deixava explícito quando o jogador acertava ou errava uma ação", o que orientou ajustes posteriores no protótipo.

Na dimensão UX/UI, itens sobre hierarquia visual, consistência de ícones e destaque de ações essenciais também foram valorizados. A participante do Enigma Pirata apontou que apenas ao preencher o PEACH percebeu que elementos decorativos competiam visualmente com pistas importantes, algo que não havia sido notado durante o desenvolvimento. Além disso, P2 também ressaltou a importância dos princípios ligados à personalização e segmentação da informação, evidenciando consonância entre o modelo e os princípios teóricos propostos por Mayer (MAYER, 2009).

Essas observações sugerem que, apesar de limitações pontuais de redação, os critérios do modelo PEACH são reconhecidos como pertinentes e úteis para uma avaliação crítica da experiência de aprendizagem promovida pelo jogo. A valorização desses elementos também reforça a validade teórica do modelo, que se ancora em fundamentos do *design* instrucional.

Impacto do modelo de avaliação no redesenho ou melhoria dos jogos. As entrevistas complementaram as respostas do formulário ao esclarecer pontos que não apareciam nas pontuações. Os participantes relataram dúvidas na interpretação de princípios multimodais (Modalidade, Voz e Redundância) e também mencionaram dificuldade em identificar a separação entre as três dimensões do modelo durante o preenchimento. Além dessas questões, os desenvolvedores apontaram problemas específicos em suas interfaces, como ícones do HUD que não eram imediatamente compreensíveis, variações de estilo entre elementos que deveriam comunicar a mesma função e ausência de destaque para informações essenciais (como objetivos ou indicadores de progresso). Essas observações ajudaram a contextualizar notas intermediárias atribuídas aos jogos e indicaram quais critérios do PEACH exigiram maior atenção durante a análise.

Outro participante relatou que a análise o levou a reconsiderar elementos que julgava resolvidos, como a distribuição espacial da informação e a relação entre texto e imagem em tutoriais. Em todos os casos, o modelo funcionou como um guia para reavaliar o próprio trabalho de forma mais sistemática, mesmo quando as pontuações atribuídas eram altas.

Sugestões para Reformulação do Modelo. As principais sugestões oferecidas pelos desenvolvedores foram:

- Redução do vocabulário técnico, especialmente nos princípios multimídia;
- Inserção de exemplos curtos ao lado de itens potencialmente ambíguos;
- Reorganização visual do checklist, com maior distinção entre as três dimensões;

- Ajustes de redação, tornando perguntas mais objetivas e alinhadas ao vocabulário do desenvolvimento de jogos.

Essas observações complementam a análise numérica ao esclarecer onde ocorreram dúvidas, quais critérios foram mais úteis para orientar ajustes de interface e como os participantes perceberam o papel formativo do PEACH durante a avaliação.

A Tabela 25 ilustra essas observações por meio de uma categorização sistemática das falas dos participantes, facilitando a identificação de padrões discursivos relevantes à análise.

Tabela 25 – Falas selecionadas dos participantes organizadas por tema de análise.

Tema	**Fala do participante**	**Aspecto relacionado ao PEACH**
Dúvidas conceituais	"Eu não sabia como responder a parte de Modalidade porque não ficou claro o que comparar entre texto, áudio e imagem." (P4)	Critérios multimodais pouco explícitos.
Separação entre dimensões	"Eu achei que era só para responder os princípios do início, não percebi os outros dois blocos." (P2)	Necessidade de reforçar a distinção visual entre as três dimensões.
Clareza do HUD	"Alguns ícones parecem decorativos e eu não sabia se eram interativos ou não." (P3)	Problemas de consistência visual e função dos ícones.
Feedback no jogo	"A pergunta sobre feedback imediato me fez perceber que o meu jogo não deixava claro quando o jogador acertava." (P3)	Critério de feedback apontando lacuna de *design*.
Utilidade para *redesign*	"O questionário me fez notar coisas que estavam no jogo, mas que eu não tinha parado para revisar." (P4)	Caráter formativo do PEACH.

6.3.3 Discussão dos achados da avaliação

A análise conjunta dos formulários e das entrevistas permitiu identificar padrões consistentes sobre como o PEACH foi compreendido e aplicado pelos desenvolvedores. Embora cada jogo apresentasse características próprias, algumas situações se repetiram entre os participantes, indicando tanto aspectos do modelo que se mostraram adequados quanto pontos que demandam refinamento.

Um primeiro ponto observado foi que os princípios multimodais (Modalidade, Voz e Contiguidade Temporal) geraram dúvidas de interpretação e, ao mesmo tempo, receberam as notas mais baixas nas avaliações. Isso ocorreu nos três jogos, ainda que por motivos distintos. Em *Enigma Pirata*, a avaliadora associou a baixa pontuação à narração fora de sincronia com a ação visual; em *Dungeons & Diabetes*, o desenvolvedor justificou a nota mínima pela falta de

correspondência entre áudio e imagem no tutorial. Esses resultados sugerem que o modelo conseguiu destacar problemas de integração multimodal, mas também revelam a necessidade de tornar esses critérios mais claros no instrumento.

Outro conjunto de achados diz respeito à clareza das metas, progressão e destaque de ações essenciais. Jogos que receberam medianas mais baixas nesses itens foram os mesmos em que os desenvolvedores relataram, durante a entrevista, que o jogador "não sabe ao certo o próximo passo" ou que ações importantes "não ficam evidentes na tela". O caso de *RoboHouse* foi particularmente explícito nesse aspecto. Esses pontos indicam que a dimensão de *Game Design* Educacional do PEACH contribuiu para direcionar a atenção dos desenvolvedores para elementos estruturais da orientação ao jogador.

A compreensão dos ícones e elementos do HUD também apareceu de forma consistente nos achados. Os participantes relataram dificuldade em diferenciar elementos decorativos de elementos funcionais, e isso se refletiu diretamente nas notas atribuídas à coerência visual e ao reconhecimento de padrões. Em Enigma Pirata, por exemplo, a avaliadora inicialmente afirmou que a fase não apresentava marcos de referência, mas, ao revisar o vídeo do jogo, identificou que eles existiam; o problema estava na visibilidade reduzida desses elementos durante a experiência. Esse tipo de observação reforça que o PEACH foi capaz de evidenciar problemas relacionados à falta de destaque visual e ao excesso de elementos concorrentes no cenário.

Por outro lado, todos os participantes mencionaram que o uso do PEACH os levou a revisar escolhas que não estavam sendo questionadas durante o desenvolvimento. Em vários casos, o *checklist* fez com que reavaliassem a relação entre textos e objetos, a clareza dos enigmas, o modo como tutoriais eram apresentados e a função de determinados ícones. Esse efeito formativo apareceu mesmo quando as notas atribuídas aos critérios eram altas, indicando que o valor do instrumento não está apenas no resultado numérico, mas na forma como sua estrutura orienta a observação.

Por fim, as dificuldades apontadas em relação ao modelo concentraram-se na redação de alguns critérios e na distinção visual entre as três dimensões do formulário. Esses aspectos foram mencionados de forma recorrente pelos participantes e indicam oportunidades de aprimoramento no instrumento. Tais pontos serão considerados na etapa seguinte de consolidação do PEACH e orientam ajustes pontuais, sem a necessidade de alterações em sua estrutura conceitual.

É importante destacar que as avaliações foram conduzidas pelos próprios desenvolve-

dores dos jogos, os quais já possuíam familiaridade com as mecânicas, a narrativa e as decisões de interface. Essa condição tende a influenciar a percepção de clareza, progressão e esforço cognitivo durante a interação, uma vez que os avaliadores não representam usuários em primeiro contato com o jogo. Assim, as pontuações atribuídas e as dificuldades identificadas refletem predominantemente a perspectiva de indivíduos experientes no contexto de seus próprios jogos.

De modo geral, os achados sugerem que o modelo ajudou a evidenciar elementos relacionados à clareza, à progressão e à carga cognitiva percebida pelos desenvolvedores, ainda que esses resultados devam ser interpretados como indicativos e restritos ao contexto dos três casos analisados. Os pontos com oportunidades de melhoria identificados nesse processo de avaliação identificados aqui servirão de base para a síntese final apresentada no próximo capítulo.

7

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados desta dissertação, sintetizando e discutindo os achados obtidos nos Ciclos de Relevância e *Design* da DSR, integrados às evidências reunidas nos Capítulos 3, 4, 5 e 6. Os principais resultados de cada estudo são discutidos, relacionando-os às questões de pesquisa e destacando as contribuições para a proposição do modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais. Em seguida, são apresentados os trabalhos já publicados durante a pesquisa, bem como os próximos passos previstos para a continuidade da pesquisa.

7.1 Principais achados

Esta seção centraliza todos os achados e *insights* identificados a partir da execução das pesquisas conduzidas nos capítulos anteriores.

O **Capítulo 3** consistiu em um Mapeamento Sistemático da Literatura que investigou métodos e instrumentos aplicados para avaliar a carga cognitiva em jogos educacionais digitais. A partir de buscas em três bibliotecas digitais e critérios de inclusão e exclusão definidos, estudos que utilizavam diferentes abordagens de mensuração foram analisados. Observou-se que a maioria emprega métodos subjetivos, como questionários e o NASA-TLX, de forma pontual e, predominantemente, ao final do desenvolvimento, sem integração com métricas comportamentais ou fisiológicas. Tais métodos são considerados subjetivos porque dependem da percepção individual do participante sobre a experiência, o que pode gerar variabilidade nas respostas e limitações na generalização dos dados (MARSHALL; ROSSMAN, 2014; PAAS; RENKL; SWELLER, 2003). Essa prática limita ajustes no *design* antes da entrega final do jogo. O achado central foi a constatação de que a avaliação da carga cognitiva ainda é pouco incorporada

nas fases iniciais de desenvolvimento, apontando a necessidade de modelos aplicáveis já na prototipagem, com combinação de medidas para aumentar a precisão dos diagnósticos.

No **Capítulo 4** propôs-se e validou-se um instrumento de avaliação de interfaces de jogos educacionais fundamentado nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia. Os doze princípios foram operacionalizados em itens avaliativos que passaram por análise de conteúdo com especialistas da área, os quais confirmaram sua relevância e clareza, sugerindo ajustes pontuais de terminologia. Em aplicação exploratória, o instrumento mostrou-se eficaz para identificar problemas recorrentes, como excesso de elementos visuais, falta de pistas para orientar a atenção do jogador e posicionamento inadequado de textos e imagens. O principal achado foi que os princípios da TCAM, embora originalmente desenvolvidos para orientar o *design* de materiais instrucionais (MAYER, 2005; MAYER, 2009), foram considerados pertinentes, nos testes preliminares, como base para analisar aspectos do *design* de jogos educacionais. Esse uso demonstrou potencial em fase de prototipagem, por permitir identificar pontos que podem demandar ajustes relacionados ao processamento cognitivo, com menor custo e maior flexibilidade.

O **Capítulo 5** complementou a análise integrando critérios específicos de *game design* educacional e de UX/UI a partir de um questionário estruturado em duas dimensões. A aplicação, junto a especialistas, permitiu identificar que inconsistências na progressão dos desafios, sobreposição de objetivos e ausência de clareza nas instruções aumentam a carga cognitiva extrínseca, prejudicando a compreensão e a fluidez da interação. Ao associar esses aspectos de *design* às métricas cognitivas, foi possível obter um diagnóstico mais completo sobre como elementos estruturais e visuais do jogo impactam o processamento da informação, reforçando a importância de avaliações combinadas já em fases iniciais de desenvolvimento.

Por fim, o **Capítulo 6** aplicou-se e avaliou-se o Modelo PEACH em três jogos educacionais, utilizando análise documental, aplicação prática do instrumento e entrevistas com os desenvolvedores. Essa etapa permitiu observar como os critérios do modelo são interpretados em contextos reais de criação, identificar padrões de problemas nas interfaces (por exemplo: descompasso entre instruções e ações, metas pouco sinalizadas e competição visual entre elementos) e reunir evidências empíricas sobre a utilidade formativa do PEACH no processo de *design*.

7.2 O modelo PEACH

Dessa forma, consolidando os achados dos capítulos anteriores (Seção 7.1), esta seção descreve a proposta do modelo PEACH (*Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*), voltado à avaliação de interfaces de jogos educacionais, aplicável ainda em fase de prototipagem. O seu objetivo é identificar, de forma antecipada, elementos que possam impactar a carga cognitiva dos jogadores e a eficácia do aprendizado, integrando princípios cognitivos, diretrizes de *design* de interface e fundamentos de *game design* educacional.

A estrutura do PEACH foi desenvolvida a partir de três investigações complementares realizadas nesta pesquisa, que proporcionaram: (i) base conceitual sobre carga cognitiva e métodos de avaliação (Capítulo 3); (ii) critérios objetivos fundamentados na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (Capítulo 4) e (iii) dimensões avaliativas direcionadas ao design de jogos educacionais e à experiência do usuário (UX/UI) (Capítulo 5).

O modelo se organiza em três eixos principais:

- **Eixo Cognitivo**: integra princípios da Teoria da Carga Cognitiva e da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia para verificar se a interface apoia o processamento da informação sem gerar sobrecarga extrínseca.
- **Eixo de *Design* de Interface**: considera aspectos visuais e funcionais relacionados à clareza, consistência, navegabilidade e distribuição de informações.
- **Eixo de*Game Design* Educacional**: avalia a coerência entre mecânicas, objetivos e progressão do jogo, garantindo alinhamento entre a experiência lúdica e os objetivos pedagógicos.

PEACH se diferencia por permitir que desenvolvedores e avaliadores realizem diagnósticos na etapa de prototipagem, combinando métricas subjetivas, observacionais e de desempenho. Essa abordagem tem o potencial de minimizar retrabalho e contribuir para decisões de *design* mais fundamentadas, ao viabilizar ajustes antes da implementação final (KASENIDES; PIKI; PASPALLIS, 2023). A versão completa do modelo integrado ao questionário está disponível no Apêndice D, com os itens organizados de acordo com as dimensões propostas.

A Figura 21 apresenta o Modelo PEACH e as contribuições dos capítulos: Capítulos 3 (categorias de medidas de carga cognitiva); Capítulos 4 (dimensão Aprendizagem Multimídia com itens de avaliação fundamentados nos 12 princípios da TCAM); Capítulos 5 (dimensões de *Game Design* Educacional e de UX/UI); e Capítulo 6 aplica e avalia o Modelo PEACH em

jogos educacionais, verificando sua utilidade prática, identificando problemas recorrentes nas interfaces e reunindo evidências para refinamento do modelo.

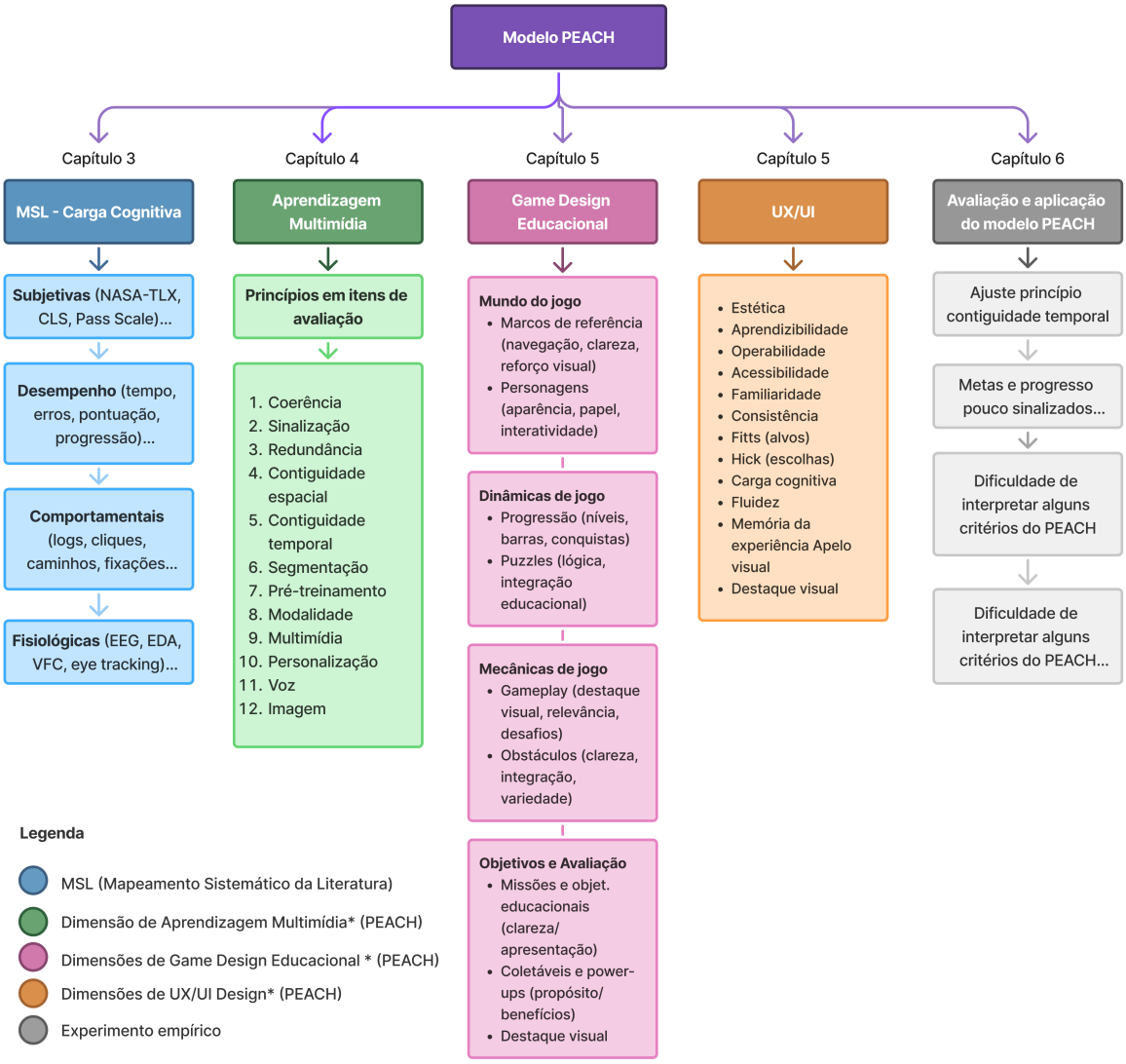


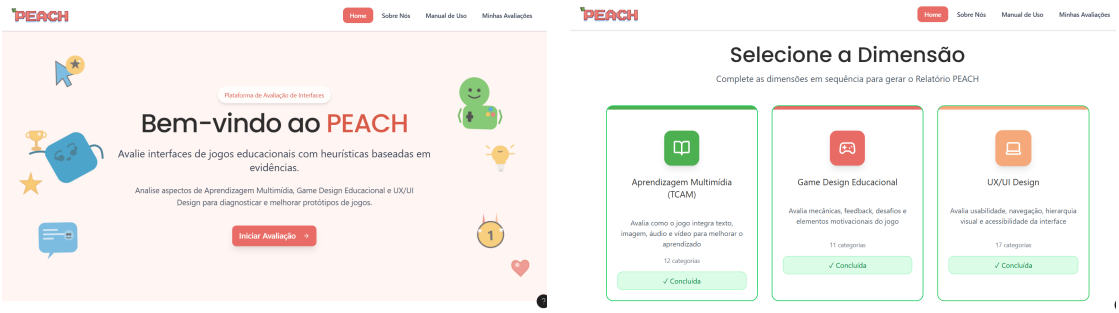
Figura 21 – Estrutura e componentes do modelo PEACH de acordo com as contribuições das pesquisas realizadas.

7.2.1 Evolução do Modelo PEACH: da aplicação manual à proposta digital

Conforme discutido no Capítulo 6, a aplicação do modelo PEACH com os três jogos educacionais revelou sua potencialidade diagnóstica, mas também evidenciou desafios relacionados ao tempo de preenchimento e à complexidade de interpretação dos dados em formulários extensos. Conforme verificado nos cenários desta dissertação e discutido na literatura, a depender da

experiência do avaliador, o processo poderia tornar-se exaustivo e suscetível a inconsistências na análise qualitativa.

Para contornar essas limitações e ampliar a escalabilidade [1] do modelo, foi elaborada uma proposta inicial de *software* de apoio à avaliação, apresentada de forma conceitual na Figura 22 e com todas as telas completas também disponibilizadas no Apêndice F. Vale ressaltar que essa proposta não representa uma etapa de prototipagem do PEACH, que já é um modelo finalizado, mas sim uma visualização de como suas heurísticas podem ser operacionalizadas digitalmente por desenvolvedores interessados.

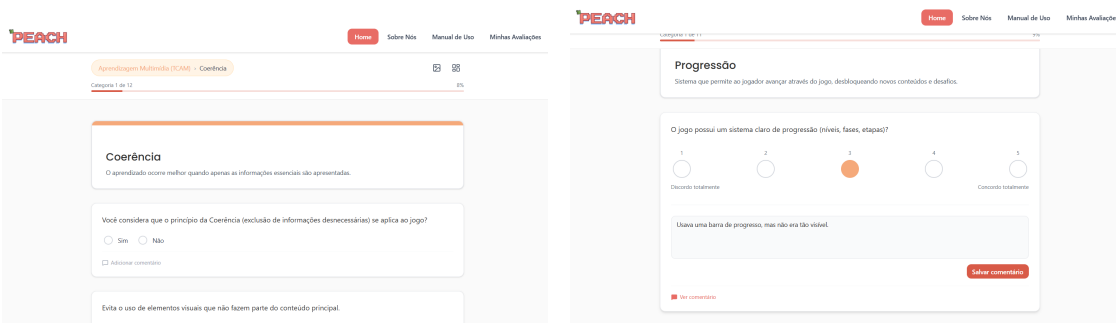


(a) Tela inicial da plataforma PEACH. (b) Seleção de dimensões avaliativas.

Figura 22 – Interface inicial da proposta digital baseada no modelo PEACH.

A proposta digital do PEACH foi concebida para ilustrar como avaliadores podem ser guiados na aplicação das heurísticas por meio de uma interface segmentada por dimensões. As dimensões contemplam Aprendizagem Multimídia, Game Design Educacional e UX/UI Design. Cada dimensão é composta por categorias com itens avaliativos baseados em evidências, conforme apresentado na Figura 23. Os itens utilizam escalas Likert, questões objetivas e campos de comentários, de modo a favorecer triangulação de dados e maior consistência na análise.

[1] Entendida aqui como a possibilidade de aplicar o PEACH a um número maior de jogos, com menor esforço manual e por diferentes perfis de avaliadores



(a) Categoria TCAM: princípio da Coerência. (b) Exemplo de item avaliativo com escala Likert e comentários.

Figura 23 – Exemplos de itens avaliativos baseados no modelo PEACH.

A proposta também demonstra como uma aplicação digital poderia implementar mecanismos de controle de progresso, agrupamento de respostas, geração de relatórios analíticos e exportação em PDF, conforme ilustrado na Figura 24. Esses relatórios incluem gráficos de desempenho por dimensão, medianas por categoria, visualização em radar e sugestões automáticas geradas a partir dos critérios do próprio PEACH, tal como mostrado na Figura 25.

Em termos práticos, uma aplicação digital baseada no PEACH tem potencial para apoiar o processo de iteração no desenvolvimento de jogos. Uma ferramenta dessa natureza poderia organizar resultados por categorias, destacando pontos fortes e itens que requerem revisão. Os itens do modelo já possuem critérios interpretativos e sugestões prescritivas de melhoria. Assim, quando uma categoria apresenta baixo desempenho, como ocorre na avaliação de personagens no item 6 da dimensão de *Game Design* Educacional (fluxo de telas no Apêndice F), um relatório digital poderia enfatizar essa informação e orientar o desenvolvedor a revisar aspectos relacionados à clareza visual, consistência narrativa, expressividade ou adequação ao público-alvo. Da mesma forma, as respostas abertas em categorias como *Puzzles*, nos itens 21 e 22 (Apêndice D.2), podem ser agrupadas automaticamente e analisadas para identificar padrões, inferir a qualidade do *design* visual dos enigmas e apontar desalinhamentos em relação aos objetivos educacionais.

Com o objetivo de reduzir a carga cognitiva dos avaliadores e facilitar a adoção do modelo por iniciantes, trabalhos futuros poderão incluir extensões baseadas em *Game Learning Analytics* e integração com Grandes Modelos de Linguagem. Essas abordagens podem auxiliar com a interpretação de comentários abertos, verificar a relação com dados de desempenho do jogador e a análise de indicadores adicionais de carga cognitiva discutidos na MSL (Capítulo 3). Espera-se que tais avanços tornem a operacionalização digital do PEACH mais acessível,

eficiente e alinhada às práticas de avaliação baseada em dados.

Como ponto de partida nessa direção, esta dissertação toma como base um estudo de caso que explora a implementação prática de GLA em jogos educacionais digitais, descrito no Trabalho 1 (HONDA et al., 2023) e aprofundado na discussão dos desafios no Trabalho 3 (MACENA et al., 2024), ambos listados na Seção 7.3. Esse estudo, realizado por egressos da Licenciatura em Computação, descreve etapas de instrumentação, percepções de estudantes, professores e desenvolvedores, bem como os desafios enfrentados ao integrar análises de aprendizagem aos jogos. Embora represente um passo inicial importante, são necessários trabalhos futuros que considerem outros gêneros de jogos, diferentes contextos educacionais e abordagens complementares para ampliar essa linha de pesquisa.

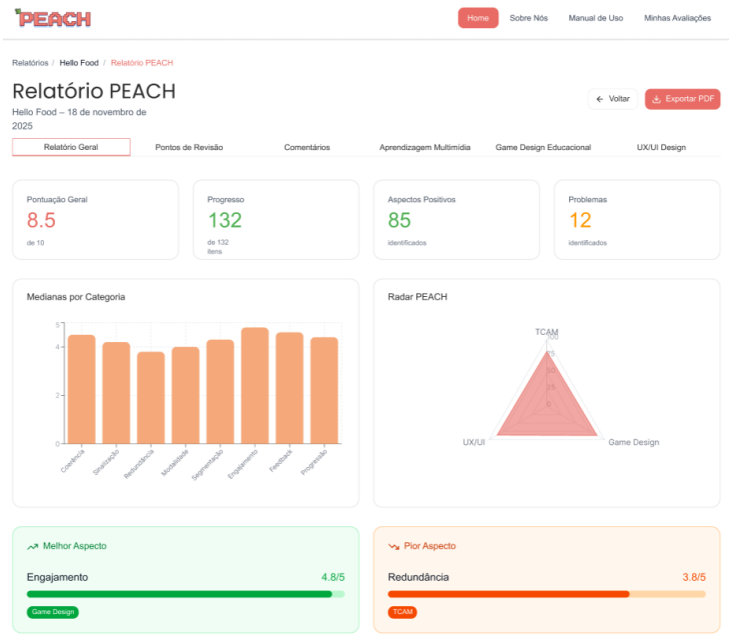


Figura 24 – Exemplo de relatório geral baseado no modelo PEACH.

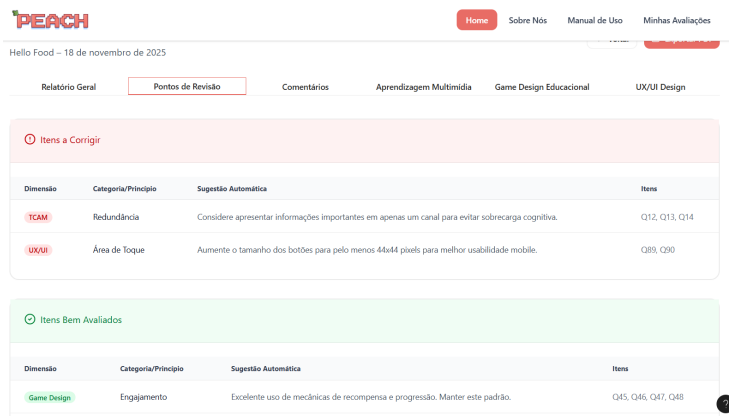


Figura 25 – Sugestões automáticas geradas a partir dos critérios do modelo PEACH.

7.3 Trabalhos Publicados

Esta seção apresenta os trabalhos publicados em conferências científicas que estão diretamente associados a esta dissertação de mestrado, conforme listado na Tabela 26.

Tabela 26 – Lista de publicações associadas.

Nº	**Título**	**Ano**	**Local de publicação**	**Qualis**	**DOI**	**Relação c/ a dissertação**
1	Um estudo de caso para a implementação de Game Learning Analytics (GLA) no desenvolvimento de jogos educacionais	2023	WAPLA (CBIE)	-	<https://doi.org/10.5753/wapla.2023.236221>	Base de conhecimento
2	Quanto cabe na sua mochila? Análise da carga cognitiva em um jogo educacional sobre complexidade algorítmica	2024	SBIE (CBIE)	A4	<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31294>	Avaliação experimental: instrumento NASA-TLX e MEEGA+
3	Desafios na implementação de técnicas de GLA em um jogo educacional de algoritmos: um estudo de caso	2024	SBGames	A3	<https://doi.org/10.5753/sbgames.2024.241240>	Base de conhecimento: dificuldades na avaliação de jogos educacionais
4	Avaliação da interface de um jogo educacional baseado na Aprendizagem Multimídia	2025	SBGames	A3	<https://doi.org/10.5753/sbgames.2025.10367>	Base de conhecimento: relações entre MEEGA+ e TCAM
5	A interface em jogo: uma análise da carga cognitiva em um jogo sobre estrutura de dados	2025	SBIE (CBIE)	A4	<https://doi.org/10.5753/sbie.2025.12749>	Avaliação experimental: carga cognitiva e clareza visual do artefato

8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais da pesquisa, sintetizando os estudos realizados, retomando as questões de pesquisa, destacando as contribuições alcançadas e discutindo as limitações do trabalho, bem como sugestões para investigações futuras. A dissertação foi conduzida sob a abordagem metodológica da *Design Science Research*, a qual possibilitou ciclos iterativos de identificação do problema, construção teórica e prática do artefato, e sua avaliação em contextos reais de desenvolvimento de jogos educacionais.

A motivação desta pesquisa partiu da constatação de que jogos educacionais exigem alinhamento entre elementos de aprendizagem e de diversão, e que a representação desses conteúdos se materializa na interface, onde se concentram instruções, ações, *feedbacks* e estruturas que influenciam diretamente processos cognitivos e de aprendizagem, discutidos no Capítulo 1. Contudo, verificou-se a ausência de instrumentos capazes de integrar princípios cognitivos, em especial aqueles derivados da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2009), a elementos de *game design* educacional e de *design* de interação durante as fases iniciais de desenvolvimento. Esse desafio torna-se particularmente evidente na prototipação, momento em que ajustes são mais viáveis, menos custosos e podem ocorrer mesmo antes da implementação completa das fases do jogo. Nesse contexto, foi proposto o modelo PEACH como artefato avaliativo para apoiar o *design* de interfaces de jogos educacionais, orientado pelos princípios da arquitetura cognitiva humana.

As três questões de pesquisa foram respondidas com base no conjunto de análises teóricas e empíricas realizadas ao longo da dissertação. A QP1 (*Como a carga cognitiva é avaliada e incorporada no processo de desenvolvimento de jogos educacionais?*), foi respondida pelo Mapeamento Sistemático da Literatura (Capítulo 3). Os resultados mostraram que a maioria das abordagens

utiliza métricas subjetivas, sobretudo questionários como NASA-TLX, aplicados de forma pontual e majoritariamente ao final da interação. Observou-se que métodos comportamentais, fisiológicos e de desempenho aparecem na literatura de forma complementar, porém são pouco integrados entre si. O achado principal foi a constatação de que a avaliação da carga cognitiva ainda é pouco incorporada nas fases iniciais de desenvolvimento, reforçando a necessidade de modelos aplicáveis à prototipagem.

A QP2 (*De que forma os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia podem contribuir para a avaliação de interface de jogos educacionais?*) foi respondida por meio do estudo com especialistas apresentado no Capítulo 4. Esse estudo evidenciou que os doze princípios da TCAM podem ser operacionalizados como critérios avaliativos, permitindo identificar problemas frequentes de clareza, sinalização, organização espacial e redundância inadequada. Embora a TCAM tenha sido originalmente desenvolvida para orientar o *design* instrucional, os resultados indicam que seus princípios também são pertinentes para avaliar interfaces de jogos educacionais, especialmente durante a prototipagem.

A QP3 (*Como identificar indícios de sobrecarga cognitiva em jogos educacionais considerando a cognição humana e o* design *de jogos?*) foi respondida por meio da aplicação conjunta de critérios cognitivos, pedagógicos e de UX/UI *design*. Os resultados (Capítulo 5) mostraram que inconsistências na progressão das tarefas, sobreposição de metas, ausência de pistas para orientar a atenção e competições visuais entre elementos estão diretamente associadas ao aumento da carga cognitiva extrínseca. No Capítulo 6, a análise dos três protótipos evidenciou padrões de problemas que afetam o processamento da informação e destacaram a interface como mediadora da aprendizagem. Além disso, observou-se o caráter formativo do PEACH: ao aplicar o instrumento, os desenvolvedores revisaram decisões de *design*, reorganizaram componentes da interface e reavaliaram elementos de *gameplay* capazes de melhorar a experiência do jogador.

8.1 Contribuições da pesquisa

As contribuições desta dissertação consistem na criação e validação inicial do modelo PEACH (*Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*), cuja viabilidade e utilidade preliminar foram verificadas no contexto do desenvolvimento de jogos educacionais. O modelo reúne fundamentos cognitivos, pedagógicos e de UX/UI para apoiar a avaliação estruturada de protótipos de jogos educacionais, visando enfrentar desafios frequentemente apontados na

literatura, como a limitação de *feedbacks* não estruturados, a realização de avaliações apenas após a implementação dos jogos, o foco restrito à usabilidade e a ausência de instrumentos capazes de operacionalizar princípios teóricos, como os da TCAM, em contextos multimídia. Esses aspectos dificultam ajustes no *design* de interação, geram retrabalho e elevam custos de desenvolvimento, além de comprometerem a clareza das instruções e a organização da experiência de uso. Tais avanços podem ser organizados nas seguintes contribuições principais da pesquisa:

(i) Esta pesquisa propôs o modelo PEACH (Apêndice D) como uma forma de sistematizar a avaliação de interfaces de jogos educacionais digitais já na fase de prototipagem. A estrutura do modelo combina três eixos: princípios da Teoria da Carga Cognitiva, fundamentos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia e critérios de interface e *game design* educacional. O modelo deve possibilitar a identificação elementos que dificultam o processamento da informação, desorganizam a navegação ou dificulta o entendimento dos objetivos pedagógicos aplicados ao *design* do jogo, viabilizando ajustes antes da entrega final do jogo, quando ele é implementado e disponibilizado ao público-alvo.

(ii) As questões de pesquisa foram respondidas ao longo dos ciclos da abordagem *Design Science Research*. A QP1, relacionada aos métodos de avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais, foi abordada por meio de um mapeamento sistemático da literatura que evidenciou a predominância de instrumentos subjetivos e pouco integrados ao design. A QP2, que investigava a aplicabilidade dos princípios da TCAM como base para análise de interface, foi respondida com a construção de um instrumento específico fundamentado nesses princípios, validado por especialistas. A QP3, sobre a integração entre critérios cognitivos, usabilidade e design educacional, foi respondida com a formulação do modelo PEACH, aplicado de forma exploratória em jogos educacionais reais. Cada uma dessas etapas corresponde a um ciclo da DSR: relevância (identificação de lacunas), projeto (desenvolvimento do modelo) e rigor (fundamentação e testes empíricos).

(iii) Verificou-se a peracionalização dos princípios da TCAM em um instrumento avaliativo, demonstrando que princípios originalmente voltados ao *design* instrucional (MAYER, 2005) podem ser utilizados para analisar clareza informacional, organização entre textos e imagens, sinalização e a qualidade multimodal (combinação de textos, imagens, sons e outros elementos apresentados de forma relacionada) em jogos educacionais. A validação com especialistas indicou que essa abordagem é adequada e auxilia na identificação de problemas ainda na prototipagem.

(iv) Além do modelo estruturado em um formulário, foi elaborada uma proposta conceitual para digitalização e automatização do PEACH, a ser explorada em trabalhos futuros, com funcionalidades como controle de progresso, agrupamento de respostas e geração automática de relatórios personalizados para cada jogo em desenvolvimento. Essa proposta busca facilitar a aplicação do modelo, reduzir o esforço dos avaliadores e ampliar sua aplicabilidade em diferentes contextos (introduzido no Capítulo 7).

(v) A sistematização dos princípios da TCAM em itens avaliativos representa uma ampliação do escopo original dessa teoria, demonstrando que ela pode ser usada não apenas para orientar a criação de materiais, mas para avaliar sua clareza e funcionalidade após implementados. O modelo PEACH também pode contribuir para a compreensão da carga cognitiva em jogos, ao conectar indicadores teóricos com elementos observáveis de interface e estrutura no fluxo de jogo, atrelado ao seu *game design* educacional.

(vi) Assim, a pesquisa busca contribuir ao apresentar um modelo fundamentado teoricamente e avaliado de forma preliminar, com potencial para apoiar o desenvolvimento de jogos educacionais com base em critérios mais consistentes. Ao considerar limitações observadas em abordagens anteriores (como avaliações realizadas apenas após a implementação do jogo, o predomínio de métodos subjetivos e a escassez de instrumentos que integrem princípios cognitivos ao *design* de interação) e ao aproximar fundamentos teóricos das práticas de *design*, esta dissertação procura oferecer subsídios que possam apoiar o aprimoramento da avaliação e do desenvolvimento de jogos voltados à aprendizagem.

Ademais, as entrevistas realizadas com desenvolvedores (Capítulo 6) explicitaram que os instrumentos disponíveis na literatura, embora úteis, podem nem sempre permitir identificar claramente quais elementos precisam ser ajustados no jogo, seja pela perspectiva de iniciantes, seja pela experiência prévia de quem projeta. O PEACH foi criado como um apoio adicional à pessoa desenvolvedora, ajudando a antecipar ajustes e refletir sobre melhorias possíveis durante a prototipagem dos jogos educacionais digitais.

A divisão do modelo em dimensões busca conciliar diferentes aspectos fundamentais ao desenvolvimento de jogos educacionais digitais: a organização estética e funcional da interface, o esforço mental exigido do jogador e a incorporação de mecânicas de aprendizagem que mantenham a experiência envolvente e coerente com o estilo do jogo. Dessa forma, o PEACH deve funcionar não apenas como instrumento de diagnóstico, mas também como guia formativo, orientando decisões de *design* alinhadas à arquitetura cognitiva humana.

8.2 Ameaças a validade – Limitações

Esta pesquisa apresenta algumas limitações que precisam ser consideradas para a interpretação dos resultados e para a compreensão do alcance do modelo PEACH. A primeira está relacionada ao número reduzido de participantes envolvidos nas etapas de validação e aplicação prática. O conjunto limitado de especialistas e desenvolvedores não representa plenamente a diversidade de perfis, experiências e abordagens presentes no desenvolvimento de jogos educacionais, e, portanto, os achados refletem indícios preliminares sobre a utilidade e clareza do instrumento.

Outra limitação refere-se ao perfil dos artefatos analisados. Todos os jogos avaliados nesta dissertação eram protótipos de média fidelidade implementados em engines, permitindo jogabilidade funcional e correspondendo ao estado descrito em sua documentação. Entretanto, os desenvolvedores indicaram que esses protótipos estavam passando (ou prestes a passar) por processos de refatoração, o que implica que suas implementações não representavam versões estabilizadas. Essa condição está alinhada ao propósito do PEACH, que foi concebido para apoiar a avaliação de protótipos durante o processo de desenvolvimento. Contudo, como o instrumento foi aplicado apenas a protótipos já implementados, ainda não é possível compreender com precisão como o modelo se comporta quando aplicado a protótipos não programados, mas que possuam mecânicas de aprendizagem, conteúdo educacional e sequência didática bem definidos. A ausência dessa variedade impede observar o potencial do PEACH em estágios ainda mais iniciais do *design*, como protótipos navegáveis ou *mockups* detalhados por documentação pedagógica e estruturas como EGDD, fluxos de interação e *storyboard*.

Além disso, os jogos utilizados na aplicação não haviam passado por ciclos prévios de avaliação externa, testes com usuários finais ou análises científicas publicadas. Embora isso não configure uma limitação estrutural, restringe a diversidade de escolhas de design encontradas e reduz a variabilidade de desafios avaliados pelo PEACH. Assim, o conjunto analisado apresentou uma homogeneidade maior em termos de complexidade, profundidade multimodal e amplitude de mecânicas do que seria observado em jogos mais maduros ou amplamente testados.

Também se reconhece que o modelo foi construído a partir dos pressupostos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia voltada a usuários neurotípicos, o que significa que o PEACH ainda não contempla adaptações para jogadores neurodivergentes ou com necessidades específicas de acessibilidade. A validação realizada nesta pesquisa foi inicial e centrada em clareza, aplicabilidade e utilidade percebida, não abrangendo ainda análises mais amplas

ou o uso extensivo em diferentes contextos educativos. Por ter sido desenvolvido no escopo metodológico da Design Science Research, o PEACH deve ser entendido como um artefato em evolução e sujeito a refinamentos contínuos conforme novas aplicações forem realizadas.

No que se refere às ameaças à validade, destaca-se inicialmente a validade interna. A aplicação do PEACH ocorreu em ambiente controlado e com desenvolvedores familiarizados com jogos educacionais, o que pode ter influenciado interpretações e decisões durante a avaliação. Esse cenário introduz um viés de autoavaliação, uma vez que a familiaridade prévia com as mecânicas, objetivos e decisões de interface tende a afetar a percepção de clareza, progressão e esforço cognitivo. Como consequência, determinados problemas podem ter sido subestimados ou normalizados, em comparação ao que seria observado por usuários em primeiro contato com o jogo. Adicionalmente, a presença da pesquisadora e o caráter estruturado do procedimento podem ter induzido comportamentos mais alinhados às expectativas percebidas, configurando possíveis vieses do avaliador.

Em relação à validade externa, a generalização dos resultados permanece limitada. O número reduzido de participantes, a natureza específica dos artefatos utilizados e a ausência de diversidade de gêneros e plataformas restringem a extrapolação dos achados para outros contextos de desenvolvimento, como jogos de maior complexidade técnica, jogos comerciais ou ambientes educacionais de grande escala. Além disso, como os testes foram conduzidos apenas com protótipos já implementados, ainda não se pode afirmar como o PEACH se comporta diante de protótipos conceituais ou não programados, ainda que estes possam ser teoricamente avaliados mediante documentação e estrutura pedagógica claras.

Por fim, há ameaças relacionadas à validade ecológica, uma vez que as avaliações foram realizadas em condições controladas, com tempo delimitado e em ambiente individual. Tais condições diferem do contexto real de uso do PEACH em equipes de desenvolvimento, escolas ou estúdios, onde fatores como colaboração, ritmo de produção, pressões externas e uso simultâneo de outras ferramentas influenciam diretamente a condução das análises.

8.3 Trabalhos Futuros

Com a finalização e validação inicial do modelo PEACH, os próximos passos desta pesquisa concentram-se em sua disseminação e ampliação prática. Um dos principais objetivos é disponibilizar a ferramenta digital a um público mais amplo de desenvolvedores, educadores e

pesquisadores interessados na criação de jogos educacionais, de modo que possam integrar o PEACH aos seus processos de prototipagem e avaliação de interfaces. Para isso, o *software* será projetado com foco em usabilidade e facilidade de uso, permitindo que avaliadores associem diretamente os itens do modelo aos elementos visuais e sonoros avaliados conforme as dimensões de Aprendizagem Multimídia, *Game Design* Educacional e UX/UI Design.

Além disso, com base nas evidências reunidas no Mapeamento Sistemático da Literatura (Capítulo 3) e na análise prática de jogos como o *RoboHouse* (Capítulo 6), pretende-se integrar ao *software* funcionalidades que permitam registrar e analisar dados comportamentais durante a interação do jogador. Isso inclui indicadores como tempo de permanência em áreas da tela, sequência de ações e uso de *heatmaps* para identificar zonas de atenção ou negligência, por exemplo. Espera-se que com essa visualização seja possível compreender quais áreas da interface são pouco utilizadas, mal interpretadas ou não estão suficientemente intuitivas, o que é essencial para ajustes alinhados à arquitetura cognitiva dos usuários.

Outros trabalhos futuros incluem a possibilidade de integrar o PEACH com medidas fisiológicas ou de desempenho, como *eyetracking*, tempo de tarefa ou erros cometidos, visando identificar com maior precisão momentos de sobrecarga ou fluidez cognitiva. Tais dados poderão ser cruzados com as percepções dos avaliadores, gerando um panorama mais completo do impacto da interface sobre a experiência do jogador. Em especial, será investigada a viabilidade de identificar não apenas situações de sobrecarga, mas também momentos em que não há engajamento cognitivo significativo, o que pode indicar falhas de desafio ou motivação.

Por fim, estudos longitudinais deverão analisar se os ajustes realizados a partir das recomendações do PEACH contribuem efetivamente para a melhoria do desempenho e da aprendizagem dos jogadores. Essa análise será orientada por evidências localizadas no próprio ambiente dos jogos, buscando verificar se as interfaces, ao serem melhor alinhadas aos princípios cognitivos, favorecem processos de aprendizagem mais eficazes. Reconhecendo-se que termos como “irrelevantes”, utilizados em critérios anteriores a versão do modelo PEACH, podem variar conforme a percepção dos avaliadores, será necessário cautela na interpretação dos dados, evitando a exclusão de elementos que, embora não diretamente instrucionais, desempenham papel importante no engajamento, imersão e diversão dos jogadores.

REFERÊNCIAS

ALONSO-FERNANDEZ, C. et al. Systematizing game learning analytics for serious games. In: IEEE. *2017 IEEE global engineering education conference (EDUCON)*. [S.l.], 2017. p. 1111–1118. 26

ALOTAIBI, M. S. Game-based learning in early childhood education: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in psychology*, Frontiers, v. 15, p. 1307881, 2024. 38

ALRIFI, F. Y. M. *Serious Games in Higher Education – The Design Process of a Lean Serious Game*. Tese (Doutorado) — University of Agder, 2020. 104

ALTHANI, F.; MADGE, C.; POESIO, M. Less text, more visuals: Evaluating the onboarding phase in a GWAP for NLP. In: MADGE, C. (Ed.). *Proceedings of the 9th Workshop on Games and Natural Language Processing within the 13th Language Resources and Evaluation Conference*. Marseille, France: European Language Resources Association, 2022. p. 17–27. Disponível em: <https://aclanthology.org/2022.games-1.3/>. 37

ALTMEYER, K. et al. Digital ink and differentiated subjective ratings for cognitive load measurement in middle childhood. *British Journal of Educational Psychology*, Wiley Online Library, v. 93, p. 368–385, 2023. 56

ALVES, C. et al. Ludificaçao de sequência didática sobre encontros vocálicos usando os quatro pilares do pensamento computacional, por meio de jogos educacionais. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. [S.l.], 2024. p. 991–1002. 79, 80

ALYAMI, H. et al. Impact of using a 3d visual metaphor serious game to teach history-taking content to medical students: Longitudinal mixed methods pilot study. *JMIR Serious Games*, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 7, n. 3, p. e13748, 2019. 57, 58, 59, 60, 64, 65, 68, 70, 71, 72

ANDREUCCI, B. et al. Desenvolvimento de um jogo sério que promova o engajamento na aprendizagem da matemática: Projeto aurora. In: *Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 297–301. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/article/view/32143>. 81

APPEL, T. et al. Cross-task and cross-participant classification of cognitive load in an emergency simulation game. *IEEE Transactions on Affective Computing*, IEEE, 2021. 53, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 71, 72

ASADZADEH, A. et al. Serious educational games for children: A comprehensive framework. *Heliyon*, Elsevier, v. 10, n. 6, 2024. 48

ASLAN, S. Digital educational games: Methodologies for development and software quality. Virginia Tech, 2016. 101, 102, 103, 188

AZEVÊDO, M.; ROUSY, D.; SIEBRA, C. Ahjed-avaliação heurística para jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, v. 14, n. 0, p. 126–136, 2018. 49

BADDELEY, A. Working memory. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 255, n. 5044, p. 556–559, 1992. 44

BAIGI, S. F. M. et al. Evaluation tools for digital educational games: A systematic review. *Acta Medica Iranica*, 2022. 48

BARBERO, G.; BONSANGUE, M. M.; HERMANS, F. F. How to evaluate games in education: A literature review. In: SPRINGER. *International Conference on Smart Learning Environments*. [S.l.], 2023. p. 32–41. 26

BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação humano-computador*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010. 29, 96

BARBOSA, S. D. J. et al. *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. [S.l.]: Autopublicação, 2021. 27

BARROUILLET, P.; BERNARDIN, S.; CAMOS, V. Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of experimental psychology: General*, American Psychological Association, v. 133, n. 1, p. 83, 2004. 67

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. Goal question metrics paradigm. In: MARCINIAK, J. J. (Ed.). *Encyclopedia of Software Engineering*. [S.l.]: Wiley, 1994. p. 528–532. 102

BATTISTELLA, P.; WANGENHEIM, C. von; FERNANDES, J. M. Como jogos educacionais são desenvolvidos? uma revisão sistemática da literatura. In: SBC. *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*. [S.l.], 2014. p. 159–168. 26

BAUER, M. W.; GASKELL, G. *Qualitative researching with text, image and sound: A practical handbook for social research*. [S.l.]: Sage, 2000. 77

BETTS, K. et al. An examination of the effects of virtual reality training on spatial visualization and transfer of learning. *Brain sciences*, MDPI, v. 13, n. 6, p. 890, 2023. 72

BIESEN, D. V. et al. The relation between intelligence and reaction time in tasks with increasing cognitive load among athletes with intellectual impairment. *Intelligence*, Elsevier, v. 64, p. 45–51, 2017. 72

BIGGS, J. *Aligning teaching and assessment to curriculum objectives*. [S.l.], 2003. v. 12. Acesso em: 24 nov. 2021. Disponível em: <http://administracion.uexternado.edu.co/real/Recursos/Aligning_teaching_and_assessment_to_curriculum_Biggs_J_2003.pdf>. 101

BOLLER, S.; KAPP, K. *Jogar para aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes*. [S.l.]: DVS Editora, 2018. 37, 38, 101, 104

BORDIN, J. et al. Jornada biomas escolas: um jogo digital com potencial educacional. In: *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 1111–1115. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/article/view/23752>. 81

BOYLE, E. A. et al. An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, Elsevier, v. 94, p. 178–192, 2016. 99, 103

BRUNKEN, R.; PLASS, J. L.; LEUTNER, D. Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 38, n. 1, p. 53–61, 2003. 29

BRÜNKEN, R.; SEUFERT, T.; PAAS, F. Measuring cognitive load. *Cognitive load theory*, Cambridge University Press, p. 181–202, 2010. 42

BRUNZINI, A.; PAPETTI ALESSANDRA, M. D.; GERMANI, M. A comprehensive method to design and assess mixed reality simulations. *Virtual Reality*, v. 26, n. 4, p. 1257–1275, 2022. 72

CAI, M.; EPP, C. D. Predicting cognitive load using sensor data in a literacy game. *arXiv preprint arXiv:2405.05543*, 2024. 29

CAMPBELL, J. *The hero with a thousand faces*. [S.l.]: New World Library, 2008. v. 17. 41

CHANDLER, P.; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and instruction*, Taylor & Francis, v. 8, n. 4, p. 293–332, 1991. 44

CHANG, C.-C.; YANG, S.-T. Interactive effects of scaffolding digital game-based learning and cognitive style on adult learners' emotion, cognitive load and learning performance. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Springer, v. 20, n. 1, p. 16, 2023. 47

COSTA, D. E.; GONçALVES, T. O. Compreensões, abordagens, conceitos e definições de sequência didática na área de educação matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Pesquisa, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, v. 36, n. 72, p. 358–388, jan. 2022. ISSN 0. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a16>. 101

COX, K.; IMRIE, B.; MILLER, A. *Student assessment in higher education: a handbook for assessing performance*. [S.l.]: Routledge, 2014. 48

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. [S.l.]: Sage publications, 2017. 120

CRIOLLO-C, S. et al. Usability and workload evaluation of a cybersecurity educational game application: A case study. *IEEE Access*, v. 12, p. 12771–12784, 2024. 56, 57, 59, 60, 61, 62, 71, 72

CSIKSZENTMIHALYI, M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper & Row, 1990. 41

DAS, A. et al. Shifting focus with hceye: Exploring the dynamics of visual highlighting and cognitive load on user attention and saliency prediction. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, ACM New York, NY, USA, v. 8, n. ETRA, p. 1–18, 2024. 27, 97

DEDE, C. et al. Design-based research strategies for studying situated learning in a multi-user virtual environment. In: *Embracing diversity in the learning sciences*. [S.l.]: Routledge, 2012. p. 158–165. 104

DEVELLIS, R. F. *Scale Development: Theory and Applications*. 4. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2017. 81

DICKEY, M. D. 11 narrative in game-based learning. *Handbook of game-based learning*, MIT Press, p. 283, 2020. 37

DIMITRIADOU, A. et al. Challenges in serious game design and development: Educators' experiences. *Simulation & Gaming*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 52, n. 2, p. 132–152, 2021. 25

DONALD, A. N. *The design of everyday things*. [S.l.]: MIT Press, 2013. 105

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JUNIOR, J. A. V. A. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. [S.l.]: Bookman Editora, 2015. 32

DURAN, R.; ZAVGORODNIAIA, A.; SORVA, J. Cognitive load theory in computing education research: A review. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, ACM New York, NY, v. 22, n. 4, p. 1–27, 2022. 29, 40, 73

EGGEMEIER, F. T. et al. Workload assessment in multi-task environments. In: *Multiple task performance*. [S.l.]: CRC Press, 2020. p. 207–216. 42

EMERSON, A. et al. Multimodal learning analytics for game-based learning. *British journal of educational technology*, Wiley Online Library, v. 51, n. 5, p. 1505–1526, 2020. 79, 80

ESERYEL, D. et al. An investigation of the interrelationships between motivation, engagement, and complex problem solving in game-based learning. *Journal of Educational Technology & Society*, JSTOR, v. 17, n. 1, p. 42–53, 2014. 38

FARKISH, A. et al. Evaluating the effects of educational multimedia design principles on cognitive load using eeg signal analysis. *Education and Information Technologies*, Springer, v. 28, n. 3, p. 2827–2843, 2023. 29

FELIX, Z. C. et al. Os modelos pens e gameflow na avaliação da satisfação do jogador: uma análise com o jogo "caixa de pandora" mobile. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, p. 664–692, 2020. 26

FERNANDES, C. S. et al. Development and validation of the serious educational game in nursing appraisal scale. *Nursing Reports*, MDPI, v. 14, n. 2, p. 1148–1157, 2024. 28, 29, 79, 80

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, American Psychological Association, v. 47, n. 6, p. 381–391, 1954. 105, 109, 110, 116

FREEMAN, G.; MCNEESE, N. J. Exploring indie game development: Team practices and social experiences in a creativity-centric technology community. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, Springer, v. 28, n. 3, p. 723–748, 2019. 26

FREIRE, M. et al. Game learning analytics: learning analytics for serious games. In: *Learning, design, and technology*. [S.l.]: Springer Nature Switzerland AG, 2016. p. 1–29. 26

FU, F.-L.; SU, R.-C.; YU, S.-C. Egameflow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education*, Elsevier, v. 52, n. 1, p. 101–112, 2009. 30, 99, 100, 105, 110

FULLERTON, T. *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. [S.l.]: CRC press, 2014. 28, 104

FULLERTON, T. *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. [S.l.]: AK Peters/CrC Press, 2024. 30

GABANA, D. et al. Effects of valence and arousal on working memory performance in virtual reality gaming. In: IEEE. *2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*. [S.l.], 2017. p. 36–41. 57, 58, 59, 60, 61, 62, 72

GEE, J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in entertainment (CIE)*, ACM New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 20–20, 2003. 25, 104

GOMEZ, M. J.; RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A.; CLEMENTE, F. J. G. A systematic literature review of game-based assessment studies: Trends and challenges. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 16, n. 4, p. 500–515, 2022. 26

GOPHER, D.; BRAUNE, R. On the psychophysics of workload: Why bother with subjective measures? *Human factors*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 26, n. 5, p. 519–532, 1984. 42

GU, Q. et al. Microsaccades reflect attention shifts: a mini review of 20 years of microsaccade research. *Frontiers in Psychology*, Frontiers Media SA, v. 15, p. 1364939, 2024. 58

GULZAR, S.; ANSARI, N. A. Understanding usability challenges in educational games through the lens of the mechanics, dynamics and aesthetics framework. *ProScholar Insights*, v. 4, n. 1, p. 185–197, 2025. 33

GUPTA, S. et al. Gamer style: performance factors in gamified simulation. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 2014–2025. 72

HAINEY, T. et al. A systematic literature review of games-based learning empirical evidence in primary education. *Computers & education*, Elsevier, v. 102, p. 202–223, 2016. 37

HATTIE, J.; TIMPERLEY, H. The power of feedback. *Review of educational research*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 77, n. 1, p. 81–112, 2007. 104

HAWLITSCHEK, A.; JOECKEL, S. Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 72, p. 79–86, 2017. 43, 53

HEESWIJK, M. de Wijse-van; KRIZ, W. C. Design science perspective on formative evaluation in simulation games. In: *Simulation for participatory education: Virtual exchange and worldwide collaboration*. [S.l.]: Springer, 2023. p. 215–251. 48

Hevner, A. R. A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, v. 19, n. 2, p. 4, 2007. 14, 32, 33, 35

HICK, W. E. On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 4, n. 1, p. 11–26, 1952. 105, 109, 110, 116

HODENT, C. *The Gamer's Brain: How neuroscience and UX can impact video game design*. [S.l.]: Crc Press, 2017. 27, 82, 104

HONDA, F. et al. Um estudo de caso para a implementação de game learning analytics (gla) no desenvolvimento de jogos educacionais. In: SBC. *Workshop de Aplicações Práticas de Learning Analytics em Instituições de Ensino no Brasil (WAPLA)*. [S.l.], 2023. p. 138–146. 157

HUANG, W. D.; JOHNSON, T. Instructional game design using cognitive load theory. In: *Handbook of research on effective electronic gaming in education*. [S.l.]: IGI Global, 2009. p. 1143–1165. 46

HWANG, G.-J.; LIN, A.-C.; CHANG, S.-C. Effects of incorporating a two-tier assessment-based guiding mechanism into contextual games on students' learning achievement and behaviors in horticultural education. *Interactive Learning Environments*, Taylor & Francis, v. 32, n. 10, p. 6845–6867, 2024. 72

IBRAHIM, M.; SWEETSER, P.; OZDOWSKA, A. Tutorial level design guidelines for 2d fighting games. In: *Proceedings of the 18th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 1–11. 79, 80

JARODZKA, H. et al. Avoiding split attention in computer-based testing: Is neglecting additional information facilitative? *British journal of educational technology*, Wiley Online Library, v. 46, n. 4, p. 803–817, 2015. 79

JERČIĆ, P.; SENNERSTEN, C.; LINDLEY, C. Modeling cognitive load and physiological arousal through pupil diameter and heart rate. *Multimedia Tools and Applications*, Springer, v. 79, n. 5, p. 3145–3159, 2020. 61, 62

JOHANNSEN, G. Workload and workload measurement. In: *Mental workload: Its theory and measurement*. [S.l.]: Springer, 1979. p. 3–11. 42

KALYUGA, S.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. When redundant on-screen text in multimedia technical instruction can interfere with learning. *Human factors*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 46, n. 3, p. 567–581, 2004. 40

KANG, Y.; RITZHAUPT, A. A comparative study of game-based online learning in music appreciation: An analysis of student motivation and achievement. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), v. 30, n. 1, p. 59–80, 2021. 28, 29

KARIS, D.; FABIANI, M.; DONCHIN, E. "p300" and memory: Individual differences in the von restorff effect. *Cognitive Psychology*, Elsevier, v. 16, n. 2, p. 177–216, 1984. 116

KASENIDES, N.; PIKI, A.; PASPALLIS, N. Exploring the user experience and effectiveness of mobile game-based learning in higher education. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2023. p. 72–91. 153

KELLERMANN, D. B.; FRANCO, M. H. I. Contribuições do design de interfaces no uso de jogos educacionais digitais para o público infantil: revisão sistemática da literatura. # *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, v. 12, n. 2, 2023. 27

KICKMEIER-RUST, M. D. et al. The effects of individualized feedback in digital educational games. 2008. 72

KIILI, K. Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and higher education*, Elsevier, v. 8, n. 1, p. 13–24, 2005. 104

KIRKPATRICK, D.; KIRKPATRICK, J. *Evaluating training programs: The four levels*. [S.l.]: Berrett-Koehler Publishers, 2006. 26

KIRSCHNER, P.; CLARK, R.; SWELLER, J. Work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, v. 41, n. 2, p. 75–86, 2006. 104

KIRSCHNER, P. A. et al. Toward a cognitive theory of multimedia assessment (ctmma). In: *Learning, design, and technology: An international compendium of theory, research, practice, and policy*. [S.l.]: Springer, 2023. p. 153–175. 29, 32, 47, 77, 79, 80

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, P. *Evidence-based software engineering and systematic reviews*. [S.l.]: CRC press, 2015. v. 4. 52

KLEPSCH, M.; SEUFERT, T. Understanding instructional design effects by differentiated measurement of intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Instructional Science*, Springer, v. 48, n. 1, p. 45–77, 2020. 28, 79

KLOPFER, E. et al. *Resonant games: Design principles for learning games that connect hearts, minds, and the everyday*. [S.l.]: MIT Press, 2018. 37

KLOPFER, E. et al. Moving learning games forward. *Cambridge, MA: The Education Arcade*, Citeseer, 2009. 38

KOTZEBUE, L. von; ZUMBACH, J.; BRANDLMAYR, A. Digital escape rooms as game-based learning environments: A study in sex education. *Multimodal Technologies and Interaction*, MDPI, v. 6, n. 2, p. 8, 2022. 72

KUBA, R. et al. Using the first principles of instruction and multimedia learning principles to design and develop in-game learning support videos. *Educational Technology Research and Development*, Springer, v. 69, n. 2, p. 1201–1220, 2021. 43, 46

LAINE, T. H.; LINDBERG, R. S. Designing engaging games for education: A systematic literature review on game motivators and design principles. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 13, n. 4, p. 804–821, 2020. 26

LAIS, R. et al. Enigma pirata: um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através da teoria dos conjuntos. In: SBC. *Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)*. [S.l.], 2023. p. 169–172. 121

LAW, E. L.-C. et al. Vicarious learning with a digital educational game: Eye-tracking and survey-based evaluation approaches. In: SPRINGER. *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group*. [S.l.], 2010. p. 471–488. 57, 60, 62, 72

LEACOCK, T. L.; NESBIT, J. C. A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. *Journal of Educational Technology & Society*, JSTOR, v. 10, n. 2, p. 44–59, 2007. 49

LEE, H.-W. et al. How avatar identification affects enjoyment in the metaverse: the roles of avatar customization and social engagement. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Mary Ann Liebert, Inc., publishers 140 Huguenot Street, 3rd Floor New ..., v. 26, n. 4, p. 255–262, 2023. 38

LEE, J. Y. et al. How prior knowledge affects problem-solving performance in a medical simulation game: Using game-logs and eye-tracking. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 99, p. 268–277, 2019. 56, 57, 58, 59, 60, 62, 65, 68

LIM, Y. M.; AYESH, A.; STACEY, M. Using mouse and keyboard dynamics to detect cognitive stress during mental arithmetic. In: SPRINGER. *Intelligent Systems in Science and Information 2014: Extended and Selected Results from the Science and Information Conference 2014*. [S.l.], 2015. p. 335–350. 42

MACENA, J. et al. Desafios na implementação de técnicas de gla em um jogo educacional de algoritmos: um estudo de caso. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. [S.l.], 2024. p. 814–825. 157

MACENA, J.; PIRES, F.; MELO, R. Hello food: uma jornada de aprendizagem lúdica em algoritmos, programação e pensamento computacional. In: SBC. *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.], 2022. p. 561–572. 81, 101, 102, 186

MACENA, J. et al. 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*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 923–936. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31294>. 118

MAGANA, A. J. et al. Emotional and cognitive effects of learning with computer simulations and computer videogames. *Journal of Computer Assisted Learning*, Wiley Online Library, v. 38, n. 3, p. 875–891, 2022. 59, 72

MAGNUSDOTTIR, E. H. et al. Monitoring cognitive workload using vocal tract and voice source features. *Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science*, v. 61, n. 4, p. 297–304, 2017. 42

MARSHALL, C.; ROSSMAN, G. B. *Designing qualitative research*. [S.l.]: Sage publications, 2014. 151

MAYER, R. E. *Multimedia Learning*. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001. 28, 43, 79, 82

MAYER, R. E. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. [S.l.]: Cambridge university press, 2005. 14, 28, 30, 44, 45, 77, 79, 81, 82, 94, 152, 161

MAYER, R. E. *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, 2009. 17, 28, 29, 30, 33, 45, 74, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 94, 147, 152, 159, 190

MAYER, R. E. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2014. 94

MAYER, R. E. *Computer games for learning: An evidence-based approach*. [S.l.]: MIT press, 2014. 29, 43, 44, 45, 47, 77, 81, 82, 84, 94, 104

MAYER, R. E. On the need for research evidence to guide the design of computer games for learning. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 50, n. 4, p. 349–353, 2015. 40, 41, 94

MAYER, R. E. Computer games in education. *Annual review of psychology*, Annual Reviews, v. 70, n. 1, p. 531–549, 2019. 82

MAYER, R. E. The past, present, and future of the cognitive theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, Springer, v. 36, n. 1, p. 8, 2024. 46

MAYER, R. E. et al. Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load. *Journal of educational psychology*, American Psychological Association, v. 91, n. 4, p. 638, 1999. 44

MERCIER, J. et al. Agency affects learning outcomes with a serious game. In: SPRINGER. *Learning and Collaboration Technologies. Human and Technology Ecosystems: 7th International Conference, LCT 2020, Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part II 22*. [S.l.], 2020. p. 267–278. 61, 79

MERCIER, J. et al. Good vibrations: Tuning a systems dynamics model of affect and cognition in learning to the appropriate frequency bands of fine-grained temporal sequences of data: Frequency bands of affect and cognition. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 194–202. 71

MIGUEL, J. et al. Robohouse: incorporating level and learning design into the playful approach to data structures. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. [S.l.], 2025. p. 1758–1769. 121

MILLER, A. H.; IMRIE, B. W.; COX, K. *Student Assessment in Higher Education: A Handbook for Assessing Performance*. [S.l.]: Psychology Press, 1998. 48

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, American Psychological Association, v. 63, n. 2, p. 81, 1956. 27, 41

MILLER, J. A. et al. Expertise and engagement: re-designing citizen science games with players' minds in mind. In: *Proceedings of the 14th international conference on the foundations of digital games*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–11. 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 71

MITRE-HERNANDEZ, H.; CARRILLO, R. C.; LARA-ALVAREZ, C. Pupillary responses for cognitive load measurement to classify difficulty levels in an educational video game: Empirical study. *JMIR Serious Games*, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 9, n. 1, p. e21620, 2021. 61, 62

MOHAMED, H.; JAAFAR, A. Development and potential analysis of heuristic evaluation for educational computer game (pheg). In: IEEE. *5th international conference on computer sciences and convergence information technology*. [S.l.], 2010. p. 222–227. 49

MOHAN, D. et al. Efficacy of educational video game versus traditional educational apps at improving physician decision making in trauma triage: randomized controlled trial. *bmj*, British Medical Journal Publishing Group, v. 359, 2017. 59, 60, 65, 69, 72

MONTANI, F. et al. Examining the inverted u-shaped relationship between workload and innovative work behavior: The role of work engagement and mindfulness. *Human relations*, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 73, n. 1, p. 59–93, 2020. 41

MORENO, R. Learning in high-tech and multimedia environments. *Current directions in psychological science*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 15, n. 2, p. 63–67, 2006. 79, 80

MULQUEENY, K. et al. Incorporating effective e-learning principles to improve student engagement in middle-school mathematics. *International journal of STEM education*, Springer, v. 2, n. 1, p. 15, 2015. 57, 58, 59, 60, 65, 66, 70, 72

NAGALINGAM, V.; IBRAHIM, R.; YUSOFF, R. C. M. Edugxq: user experience instrument for educational games' evaluation. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl*, v. 11, n. 1, p. 562–569, 2020. 30, 99, 100, 103, 105, 110

NASCIMENTO, L. T. et al. My name: desenvolvimento de um conjunto de mecânicas para abordar o problema da mochila em um jogo educacional. In: SBC. *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.], 2023. p. 888–899. 81

NATUCCI, G. C.; BORGES, M. A. Balancing pedagogy, emotions and game design in serious game development. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. [S.l.], 2021. p. 1013–1016. 25

NELSON, B. C.; KETELHUT, D. J.; SCHIFTER, C. Exploring cognitive load in immersive educational games: The save science project. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, IGI Global, v. 2, n. 1, p. 31–39, 2010. 56, 57, 58, 59, 60, 62

NIELSEN, J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, p. 152–158, 1994. 105, 109, 110

NIHALANI, P. K.; ROBINSON, D. H. Balancing collaboration and cognitive load to optimize individual and group desirable difficulties. *Journal of Educational Computing Research*, v. 60, n. 2, p. 433–454, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/07356331211035188>. 72

NINAUS, M. et al. Neurofeedback and serious games. In: *Psychology, pedagogy, and assessment in serious games*. [S.l.]: IGI Global, 2014. p. 82–110. 30, 43

NIPO, D. et al. Fábulas computacionais: Um jogo digital para avaliar habilidades de pensamento computacional. In: *Anais Estendidos do XIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 127–130. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/cbie_estendido/article/view/31760>. 81, 93

NORMAN, D. *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. [S.l.]: Basic books, 2007. 109

OLIVEIRA, R. et al. Pro-avaliajs: Protocolo para planejamento e execução da avaliação da reação e aprendizagem de jogos sérios. In: *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 517–527. ISSN 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22436>. 39, 101

OLIVEIRA, R. et al. Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 30, n. 1, p. 972. 26, 47, 48

ORRU, G.; LONGO, L. The evolution of cognitive load theory and the measurement of its intrinsic, extraneous and germane loads: a review. In: SPRINGER. *Human Mental Workload: Models and Applications: Second International Symposium, H-WORKLOAD 2018, Amsterdam, The Netherlands, September 20-21, 2018, Revised Selected Papers 2*. [S.l.], 2019. p. 23–48. 42

OUELLETTE, M.; BREEDING, L.; CLARK, C. s. In: *Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–11. 29, 43, 53, 57, 58, 59, 60, 63, 65, 66, 67, 70, 71, 72

PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 38, n. 1, p. 1–4, 2003. 28, 40, 151

PAAS, F.; SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, v. 27, p. 27–42, 2014. 41, 43

PAIVIO, A. *Mental representations: A dual coding approach*. [S.l.]: Oxford university press, 1990. 44

PAIVIO, A. *Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach*. [S.l.]: Psychology press, 2014. 44

PARSONS, T. D.; REINEBOLD, J. L. Adaptive virtual environments for neuropsychological assessment in serious games. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, IEEE, v. 58, n. 2, p. 197–204, 2012. 61, 65

PASQUALI, L. *Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação*. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2017. 81

PATINO, A.; ROMERO, M.; PROULX, J.-N. Analysis of game and learning mechanics according to the learning theories. In: IEEE. *2016 8th International conference on games and virtual worlds for serious applications (VS-GAMES)*. [S.l.], 2016. p. 1–4. 38

PEDROSA, C. et al. Dungeons and diabetes: promovendo a conscientização sobre diabetes por meio de um jogo educacional. In: SBC. *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*. [S.l.], 2025. p. 506–511. 121

PERRENOUD, P. Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas. In: *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas*. [S.l.: s.n.], 1999. p. 183–183. 48

PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and software technology*, Elsevier, v. 64, p. 1–18, 2015. 52, 53

PETRI, G.; WANGENHEIM, C. G. V.; BORGATTO, A. F. Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 03, p. 52–81, 2019. 26, 105, 109, 110

PETRI, G.; WANGENHEIM, C. G. von; BORGATTO, A. F. Meega+: an evolution of a model for the evaluation of educational games. *INCoD/GQS*, v. 3, 2016. 49, 115

PHAN, M. H.; KEEBLER, J. R.; CHAPARRO, B. S. The development and validation of the game user experience satisfaction scale (guess). *Human factors*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 58, n. 8, p. 1217–1247, 2016. 30, 99, 100, 103, 105, 110

PIRES, F. et al. O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, p. 436–460, 2020. 190

PIRES, F. G. d. S. et al. Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior. Universidade Federal do Amazonas, 2021. 48, 101

PIRES, F. G. d. S. et al. O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, p. 436–460, 2020. 25, 28, 29, 38, 97

PIRES, F. G. de S. et al. Ecologic: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional e da consciência ambiental. In: *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2018. v. 7, n. 1, p. 629. 40

PLASS, J. L.; HOMER, B. D.; KINZER, C. K. Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 50, n. 4, p. 258–283, 2015. 25, 38, 41, 43, 48, 84, 94, 99, 103, 104

PLASS, J. L.; MAYER, R. E.; HOMER, B. D. *Handbook of game-based learning*. [S.l.]: Mit Press, 2020. 25, 27, 33, 37, 38, 41, 43, 47, 48, 94

Plenarinho. *Chegou o Aventureca!* 2024. Acessado em: 18 mar. 2025. Disponível em: <https://plenarinho.leg.br/index.php/2024/08/chegou-o-aventureca/>. 81

POLAT, M. D. et al. Cognitive load quantified via functional near infrared spectroscopy during immersive training with vr based basic life support learning modules in hostile environment. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2023. p. 359–372. 61

REDLINGER, E.; GLAS, B.; RONG, Y. Impact of visual game-like features on cognitive performance in a virtual reality working memory task: within-subjects experiment. *JMIR Serious Games*, JMIR Publications Toronto, Canada, v. 10, n. 2, p. e35295, 2022. 58, 61

RESTORFF, H. V. Über die wirkung von bereichsbildungen im spurenfeld. *Psychologische Forschung*, Springer, v. 18, p. 299–342, 1933. 110

ROGERS, S. *Level Up! The guide to great video game design*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014. 38, 41, 48, 101, 104

SALAS, E. et al. Performance measurement in simulation-based training: A review and best practices. *Simulation in aviation training*, Routledge, p. 393–441, 2017. 48

SALDAÑA, J. The coding manual for qualitative researchers. SAGE publications Ltd, 2021. 104

SALEM, B.; RHALIBI, A.; CHITTARO, L. Narrative characters in serious games: structural roles and educational meaning. In: *Proceedings of the 6th European Conference on Games Based Learning*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 421–428. 104

SANTANA, J. Q. d. et al. Humira. 207, 2024. 26

SANTOS, C. de S. et al. Development, usability, formative assessment, and story immersion of nutrigame, a mhealth nutrition education app. *Journal on Interactive Systems*, v. 14, n. 1, p. 470–480, 2023. 99

SCERBO, M. W. Theoretical perspectives on adaptive automation. In: *Automation and human performance*. [S.l.]: CRC Press, 2018. p. 37–63. 42

SCHELL, J. *Tenth Anniversary: The Art of Game Design*. Boca Raton: CRC Press, 2020. 104

SCHNEIDER, S. et al. The cognitive-affective-social theory of learning in digital environments (castle). *Educational psychology review*, Springer, v. 34, n. 1, p. 1–38, 2022. 79, 80

SCHÖBEL, S. M.; JANSON, A.; SÖLLNER, M. Capturing the complexity of gamification elements: a holistic approach for analysing existing and deriving novel gamification designs. *European Journal of Information Systems*, Taylor & Francis, v. 29, n. 6, p. 641–668, 2020. 38

SCHWARTZ, J. H. et al. *Principles of neural science*. [S.l.]: Elsevier New York, 1991. 27

SEOW, S. C. *Designing and engineering time: The psychology of time perception in software*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2008. 110

SEVCENKO, N. et al. Theory-based approach for assessing cognitive load during time-critical resource-managing human–computer interactions: an eye-tracking study. *Journal on Multimodal User Interfaces*, Springer, v. 17, n. 1, p. 1–19, 2023. 62, 72

SEVCENKO, N. et al. Measuring cognitive load using in-game metrics of a serious simulation game. *Frontiers in Psychology*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 572437, 2021. 28, 30, 42, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 65, 67, 70, 71, 72, 79

SEVCENKO, N. et al. Neural correlates of cognitive load while playing an emergency simulation game: a functional near-infrared spectroscopy (fnirs) study. *IEEE Transactions on Games*, IEEE, v. 14, n. 4, p. 696–705, 2022. 61, 62, 72

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. [S.l.]: Cortez editora, 2017. 102

SEYDERHELM, A.; BLACKMORE, K. Dynamic adaptive surveillance training in a virtual environment using real-time cognitive load and performance. *International Journal of Serious Games*, v. 11, n. 3, p. 109–133, 2024. 29

SEYDERHELM, A. J.; BLACKMORE, K. L. How hard is it really? assessing game-task difficulty through real-time measures of performance and cognitive load. *Simulation & Gaming*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 54, n. 3, p. 294–321, 2023. 53, 57, 59, 66, 68, 70, 72

SEYDERHELM, A. J.; BLACKMORE, K. L.; NESBITT, K. Towards cognitive adaptive serious games: a conceptual framework. In: SPRINGER. *Joint international conference on entertainment computing and serious games*. [S.l.], 2019. p. 331–338. 63, 65

SHAREK, D.; WIEBE, E. Measuring video game engagement through the cognitive and affective dimensions. *Simulation & Gaming*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 45, n. 4-5, p. 569–592, 2014. 28, 41, 43, 53

SHERNOFF, D. J. Optimal learning environments to promote student engagement. *Springer Science & Business Media*, 2013. 104

SHUTE, V. J.; SUN, C. Games for assessment. In: PLASS, J. L.; MAYER, R. E.; HOMER, B. D. (Ed.). *Handbook of Game-Based Learning*. Cambridge, MA: MIT Press, 2020. p. 377–400. ISBN 978-0-262-04357-2. 26

SILVA, D. et al. Avaliacão de objetos digitais de aprendizagem: como os licenciados em computação analisam jogos educacionais? *RENOTE*, v. 19, n. 2, p. 111–121, 2021. 26

STANDARDIZATION, I. O. for. *ISO/IEC 25010: 2011: Systems and Software Engineering-Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and Software Quality Models*. [S.l.]: ISO/IEC, 2011. 105

STILLER, K. D.; SCHWORM, S. Game-based learning of the structure and functioning of body cells in a foreign language: Effects on motivation, cognitive load, and performance. In: FRONTIERS MEDIA SA. *Frontiers in Education*. [S.l.], 2019. v. 4, p. 18. 57, 59, 65, 67, 72

STOREY, M.-A. et al. Using a visual abstract as a lens for communicating and promoting design science research in software engineering. In: IEEE. *2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*. [S.l.], 2017. p. 181–186. 32

SU, C.-H. The effects of students' motivation, cognitive load and learning anxiety in gamification software engineering education: a structural equation modeling study. *Multimedia Tools and Applications*, Springer, v. 75, n. 16, p. 10013–10036, 2016. 53, 56, 57, 59, 65, 68, 70

SUN, C. et al. The relationship between collaborative problem solving behaviors and solution outcomes in a game-based learning environment. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 128, p. 107120, 2022. 38

SWELLER, J. Cognitive load theory. In: *Psychology of learning and motivation*. [S.l.]: Elsevier, 2011. v. 55, p. 37–76. 28, 30, 33, 43, 82

SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. J. V.; PAAS, F. G. Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, Springer, v. 10, p. 251–296, 1998. 27, 40

TEKINBAS, K. S.; ZIMMERMAN, E. *Rules of play: Game design fundamentals*. [S.l.]: MIT press, 2003. 28, 104

TENG, H. et al. The relationship between cognitive resource consumption during gameplay and postgame aggressive behaviors: between-subjects experiment. *JMIR serious games*, v. 11, p. e48317, 2023. 41

TISDELL, E. J.; MERRIAM, S. B.; STUCKEY-PEYROT, H. L. *Qualitative research: A guide to design and implementation*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2025. 75

TOBIAS, S. et al. Multimedia learning with computer games. In: ____. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2014. (Cambridge Handbooks in Psychology), p. 762–784. 48

TSUDA, M. et al. Análise de métodos de avaliação de jogos educacionais. *Proceedings of XIII SBGames*, p. 12–14, 2014. 48

UDEOZOR, C. et al. Digital games in engineering education: systematic review and future trends. *European Journal of Engineering Education*, Taylor & Francis, v. 48, n. 2, p. 321–339, 2023. 37

VALLE, P. H. D. et al. Hedeg-heurísticas para avaliação de jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*, v. 12, p. 2013, 2013. 49

VELDKAMP, A. et al. You escaped! how did you learn during gameplay? *British Journal of Educational Technology*, Wiley Online Library, v. 53, n. 5, p. 1430–1458, 2022. 99, 103

VIERA, A. J.; GARRETT, J. M. et al. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam med*, v. 37, n. 5, p. 360–363, 2005. 55

W3C Web Accessibility Initiative (WAI). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. W3C Recommendation, 6 May 2025; acesso em: 20 may. 2025. 105

WALSH, C. S.; SCHMOELZ, A. Stop the mob! pre-service teachers designing a serious game to challenge bullying. In: SPRINGER. *International Conference on Games and Learning Alliance*. [S.l.], 2015. p. 431–440. 59, 65, 67

WETZEL, R. Game design games: Designing games for teaching game design. In: *Proceedings of the 20th International Conference on the Foundations of Digital Games*. [S.l.: s.n.], 2025. p. 1–10. 48

WIKLUND, M. et al. Evaluating educational games using facial expression recognition software: measurement of gaming emotion. In: *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 605–612. 60

WINN, B. The design, play, and experience framework. In: FERDIG, R. E. (Ed.). *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*. [S.l.]: IGI Global, 2008. p. 1010–1024. 104

WOO, J.-C. Digital game-based learning supports student motivation, cognitive success, and performance outcomes. *Educational Technology & Society*, International Forum of Educational Technology & Society, v. 17, n. 3, p. 291–307, 2014. 58, 68, 69, 72

YIN, R. K. *Estudo de Caso-: Planejamento e métodos*. [S.l.]: Bookman editora, 2015. 126

YU, Z.; GAO, M.; WANG, L. The effect of educational games on learning outcomes, student motivation, engagement and satisfaction. *Journal of Educational Computing Research*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 59, n. 3, p. 522–546, 2021. 25

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed Editora,, 1998. 8 p. 101

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, IEEE, v. 38, n. 9, p. 25–32, 2005. 104

A

ARTIGOS INCLUÍDOS NA MSL

Este apêndice inclui a tabela com os artigos resultantes da MSL apresentada no Capítulo 3.

Tabela 27 – Lista de Artigos sobre Carga Cognitiva em Jogos.

Nº	**Título**	**Conferência**	**Autores**	**Ano**
1	*Cross-Task and Cross-Participant Classification of Cognitive Load in an Emergency Simulation Game*	IEEE Transactions on Affective Computing	Appel, T.; Gerjets, P.; Hoffmann, S.; Moeller, K.; Ninaus, M.; Scharinger, C.; Sevcenko, N.; Wortha, F.; Kasneci, E.	2023
2	*How Hard Is It Really? Assessing Game-Task Difficulty Through Real-Time Measures of Performance and Cognitive Load*	Simulation & Gaming	Seyderhelm, A.J.A.; Blackmore, K.L.	2023
3	*Measuring Cognitive Load Using In-Game Metrics of a Serious Simulation Game*	Frontiers in Psychology	Sevcenko, N.; Ninaus, M.; Wortha, F.; Moeller, K.; Gerjets, P.	2021
4	*Incorporating effective e-learning principles to improve student engagement in middle-school mathematics*	International Journal of STEM Education	Mulqueeny, K.; Kostyuk, V.; Baker, R.S.; Ocumpaugh, J.	2015
5	*The relation between intelligence and reaction time in tasks with increasing cognitive load among athletes with intellectual impairment*	Intelligence	Van Biesen, D.; McCulloch, K.; Janssens, L.; Vanlandewijck, Y.C.	2017

6	*Using applied cognitive load theory and difficulty analysis for educational game design for understanding and transference of literacy skills in adults*	FDG '19: Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games	Ouellette, M.; Breeding, L.; Clark, C.; Khosmood, F.; Pirker, J.; Apperley, T.; Deterding, S.	2019
7	*Gamer Style: Performance Factors in Gamified Simulation*	CHI '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	Gupta, S. ; Coles, T. ; Dumas, C. ; McBride, S.J. ; Bradford, D.	2016
8	*Impact of Visual Game-Like Features on Cognitive Performance in a Virtual Reality Working Memory Task: Within-Subjects Experiment*	JMIR Serious Games	Redlinger, E. ; Glas, B. ; Rong, Y.	2024
9	*Neural Correlates of Cognitive Load While Playing an Emergency Simulation Game: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study*	IEEE Transactions on Games	Sevcenko, N. ; Schopp, B. ; Dresler, T. ; Ehlis, A.-C. ; Ninaus, M. ; Moeller, K. ; Gerjets, P.	2022
10	*Cognitive Load Quantified via Functional Near Infrared Spectroscopy During Immersive Training with VR Based Basic Life Support Learning Modules in Hostile Environment*	Springer Nature Switzerland	Polat, M.D. ; Izzetoglu, K. ; Aksoy, M.E. ; Kitapcioglu, D. ; Usseli, T. ; Yoner, S.I. ; Schmorrow D.D. ; Fidopiastis C.M.	2023
11	*Usability and Workload Evaluation of a Cybersecurity Educational Game Application: A Case Study*	IEEE Access	S. Criollo-C ; A. Guerrero-Arias ; D. Buenaño-Fernández ; S. Luján-Mora	2024
12	*Stop the mob! Pre-service teachers designing a serious game to challenge bullying*	Games and Learning Alliance	Walsh, C.S. ; Schmoelz, A. ; Veltkamp R. ; de Gloria A.	2016
13	*Balancing Collaboration and Cognitive Load to Optimize Individual and Group Desirable Difficulties*	Journal of Educational Computing Research	Nihalani, P.K. ; Robinson, D.H.	2022

14	*Exploring cognitive load in immersive educational games: The save science project*	International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations	Nelson, B.C. ; Ketelhut, D.J. ; Schifter, C.	2010
15	*Modeling cognitive load and physiological arousal through pupil diameter and heart rate*	Multimedia Tools and Applications	Jerčić, P. ; Sennersten, C. ; Lindley, C.	2020
16	*Pupillary responses for cognitive load measurement to classify difficulty levels in an educational video game: Empirical study*	JMIR Serious Games	Mitre-Hernandez, H. ; Carrillo, R.C. ; Lara-Alvarez, C.	2021
17	*The effects of students' motivation, cognitive load and learning anxiety in gamification software engineering education: a structural equation modeling study*	Multimedia Tools and Applications	Su, C.-H.	2016
18	*An Examination of the Effects of Virtual Reality Training on Spatial Visualization and Transfer of Learning*	Brain Sciences	Betts, K. ; Reddy, P. ; Galoyan, T. ; Delaney, B. ; McEachron, D.L. ; Izzetoglu, K. ; Shewokis, P.A.	2023
19	*Good Vibrations: Tuning a Systems Dynamics Model of Affect and Cognition in Learning to the Appropriate Frequency Bands of Fine-Grained Temporal Sequences of Data: Frequency Bands of Affect and Cognition*	DSAI '20: Proceedings of the 9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion	Mercier, J.; Whissell-Turner, K.; Paradis, A.; Avaca, I.	2020
20	*How prior knowledge affects problem-solving performance in a medical simulation game: Using game-logs and eye-tracking*	Computers in Human Behavior	Lee, J.Y.; Donkers, J.; Jarodzka, H.; van Merriënboer, J.J.G.	2019

21	*Impact of using a 3d visual metaphor serious game to teach history-taking content to medical students: Longitudinal mixed methods pilot study*	JMIR Serious Games	Alyami, H.; Alawami, M.; Lyndon, M.; Alyami, M.; Coomarasamy, C.; Henning, M.; Hill, A.; Sundram, F.	2019
22	*Vicarious learning with a digital educational game: Eye-tracking and survey-based evaluation approaches*	6th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering	Law, E.L.-C.; Mattheiss, E.E.; Kickmeier-Rust, M.D.; Albert, D.	2010
23	*Theory-based approach for assessing cognitive load during time-critical resource-managing human–computer interactions: an eye-tracking study*	Journal on Multimodal User Interfaces	Sevcenko, N.; Appel, T.; Ninaus, M.; Moeller, K.; Gerjets, P.	2023
24	*A comprehensive method to design and assess mixed reality simulations*	Virtual Reality	Brunzini, A.; Papetti, A.; Messi, D.; Germani, M.	2022
25	*Effects of incorporating a two-tier assessment-based guiding mechanism into contextual games on students' learning achievement and behaviors in horticultural education*	Interactive Learning Environments	Hwang, G.-J.; Lin, A.-C.; Chang, S.-C.	2023
26	*Emotional and cognitive effects of learning with computer simulations and computer videogames*	Journal of Computer Assisted Learning	Magana, A.J.; Hwang, J.; Feng, S.; Rebello, S.; Zu, T.; Kao, D.	2022
27	*Agency affects learning outcomes with a serious game*	Learning and Collaboration Technologies. Human and Technology Ecosystems	Mercier, J.; Avaca, I.L.; Whissell-Turner, K.; Paradis, A.; Mikropoulos, T.A.; Zaphiris, P.; Ioannou, A.	2020
28	*Digital Escape Rooms as Game-Based Learning Environments: A Study in Sex Education*	Innovations in Game-Based Learning	von Kotzebue, L.; Zumbach, J.; Brandlmayr, A.	2022

29	*Towards Cognitive Adaptive Serious Games: A Conceptual Framework*	Entertainment Computing and Serious Games	Seyderhelm, A.J.A.; Blackmore, K.L.; Nesbitt, K.; van der Spek, E.; Göbel, S.; Do, E.; Clua, E.; Baalsrud Hauge, J.	2019
30	*Digital game-based learning supports student motivation, cognitive success, and performance outcomes*	Journal of Educational Technology & Society	Woo, J.-C.	2014
31	*Game-Based Learning of the Structure and Functioning of Body Cells in a Foreign Language: Effects on Motivation, Cognitive Load, and Performance*	Sec. Digital Education	Stiller, K.D.; Schworm, S.	2019
32	*Efficacy of educational video game versus traditional educational apps at improving physician decision making in trauma triage: Randomized controlled trial*	British Medical Journal Publishing Group	Mohan, D.; Farris, C.; Fischhoff, B.; Rosengart, M.R.; Angus, D.C.; Yealy, D.M.; Wallace, D.J.; Barnato, A.E.	2017
33	*Evaluating educational games using facial expression recognition software: Measurement of gaming emotion*	The 9th European Conference on Games Based Learning	Wiklund, M.; Rudenmalm, W.; Norberg, L.; Westin, T.; Mozelius, P.; Kolas, L.; Munkvold, R.	2015
34	*The effects of individualized feedback in digital educational games*	European Conference on Games Based Learning	Kickmeier-Rust, M.; Marte, B.; Linek, S.; Lalonde, T.; Albert, D.; Stansfield, M.; Conolly, T.	2008
35	*Expertise and engagement: redesigning citizen science games with players' minds in mind*	Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games	Miller, J.A.; Narayan, U.; Hantsbarger, M.; Cooper, S.; El-Nasr, M.S.	2019
36	*Adaptive virtual environments for neuropsychological assessment in serious games*	IEEE Transactions on Consumer Electronics	Parsons, T.D.; Reinebold, J.L.	2012

37	*Effects of valence and arousal on working memory performance in virtual reality gaming*	2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)	Gabana, D.; Tokarchuk, L.; Hannon, E.; Gunes, H.	2017

B

ELEMENTOS DO *EGDD* DO JOGO *Hello Food*

Este apêndice apresenta os principais elementos do jogo *Hello Food*, conforme seu EGDD[1](MACENA; PIRES; MELO, 2022). Os itens foram extraídos conforme as categorias e métricas de *Game Design* educacional e de UX/UI utilizadas neste trabalho.

B.1 Game Design

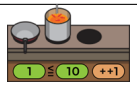
O *Hello Food* é um jogo educacional de simulação e *puzzle*, inspirado em dinâmicas de restaurantes, cujo objetivo é apoiar iniciantes em programação no aprendizado de algoritmos, condicionais, laços de repetição e vetores de forma lúdica. Entre os elementos, destacam-se:

- **Mundo do Jogo**: restaurante dividido em fases (dias de trabalho), com missões de atendimento e preparação de pedidos.
- **Personagens**: equipe de funcionários do restaurante, cada um com papéis distintos (gestão, recepção, organização e cozinha).
- **Mecânicas**: movimentação *top-down* com *joystick* virtual, ações de arrastar e soltar objetos, além da associação de elementos do cenário a conceitos de programação (Tabela 28).
- **Dinâmicas**: organização de clientes em mesas como representação de vetores, preparação de pratos seguindo algoritmos, restrições de tempo e feedback imediato de erros.
- **Objetivos**: atender corretamente pelo menos 50% dos clientes em cada fase e avançar até a competição final de chefs.
- **Missões**: conduzir clientes às mesas, preparar pedidos conforme algoritmos e cumprir as metas do dia.

[1] Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1JP2xfQzBgy7rYg-aJXyrulOV9fDm4ujb/view?usp=sharing>

- **Objetivos Educacionais**: exercitar condicionais, laços e vetores; aplicar pilares do Pensamento Computacional (abstração, decomposição, padrões e algoritmo).
- **Coletáveis**: moedas e gorjetas diárias.
- ***Power-ups***: Pomodoro/Relógio que aumentam o tempo disponível para as tarefas.

Tabela 28 – Relação com aprendizagem

Comando	Descrição
	Mesa de condicionais (Estruturas condicionais “Se” e “Senão”)
	Fogão (Estruturas de Repetição “For”)

B.2 Interface do jogo

A interface do *Hello Food* foi projetada com elementos visuais e funcionais que organizam a navegação e a apresentação do conteúdo. O HUD exibe metas do dia, progresso e iterações de loops (Fig. 26(b)). As telas principais incluem início, cadastro, login, ranking e créditos, estruturadas de forma sequencial (Fig. 26(a), (c)). O *design* visual utiliza paletas variadas (colorido, suave, profundo e escuro), tipografias Montserrat e Inter, além de ícones e logotipo próprios. O jogo conta com tutoriais iniciais que apresentam as tarefas com exemplos práticos, enquanto pop-ups de ajuda, ícones de acerto/erro e feedback imediato complementam os recursos de usabilidade.



(a) Tela inicial. (b) HUD com metas do dia. (c) Tela de navegação.

Figura 26 – Exemplos da interface do jogo *Hello Food*.

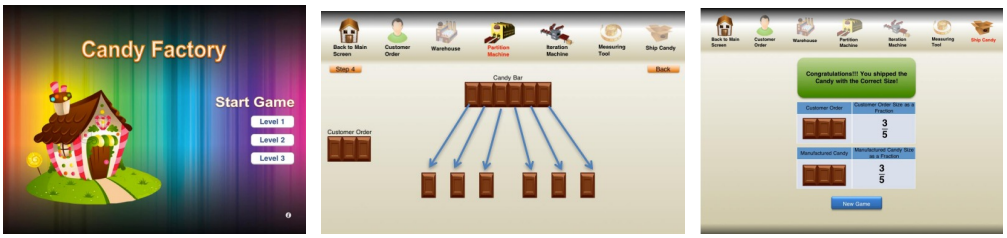
C

Elementos do GDD do jogo *CandyFactory*

A seguir estão listados os principais elementos extraídos do *Game Design Document* do jogo *CandyFactory* (ASLAN, 2016), organizados em tópicos.Alguns exemplos visuais podem ser observados na Figura 27.

- **Visão geral**: desenvolvido para apoiar o aprendizado de frações por meio de operações de particionamento e iteração.
- **Gameplay**: jogo educacional para dispositivos iOS em que o jogador atua em uma fábrica de doces. O objetivo é atender pedidos de clientes cortando barras de chocolate em frações corretas. A interação ocorre por meio da tela de toque, selecionando, cortando e enviando as barras produzidas.
- **História**: ambientado em uma fábrica de doces, onde o jogador deve produzir e entregar pedidos corretos de barras de chocolate cortadas em frações.
- **Mundo do jogo**: cenário de fábrica com linhas de produção, telas de pedido e áreas de corte das barras.
- **Personagens**: clientes que fazem pedidos e trabalhadores virtuais da fábrica que contextualizam as tarefas.
- **Mecânicas**: seleção de barras, corte em frações, repetição de operações e envio de pedidos; interação baseada em toques na tela.
- **Níveis**: fases progressivas que apresentam desde cortes simples até iterações mais complexas, aumentando gradualmente a dificuldade.
- **Interface**: telas de menu, tela principal, seleção de barras, tela de corte e tela de iteração; ícones e botões adaptados ao ambiente touch.
- **Feedback**: mensagens de sucesso ou falha ao finalizar cada pedido; telas de “ordem concluída” ou “ordem incorreta”.

- **Estética**: gráficos em 2D, cores vibrantes, ambiente de fábrica e elementos visuais que representam as barras e cortes.
- **Limitações técnicas**: desenvolvido para iPhone/iPad, com restrições de tela, recursos de toque e memória do dispositivo.
- **Prototipagem**: foram utilizados protótipos digitais para validar a jogabilidade e a adequação pedagógica antes da versão final.



(a) Tela inicial. (b) Tela de corte de frações. (c) Tela de vitória.

Figura 27 – Exemplos de telas do jogo *CandyFactory*.

D

MODELO PEACH

O Modelo PEACH organiza a avaliação de interfaces de jogos educacionais em três dimensões complementares: *Aprendizagem Multimídia*, *Game Design Educacional* e *UX/UI Design*. Cada dimensão contempla categorias específicas que orientam o avaliador na identificação de aspectos relacionados ao processamento cognitivo, à clareza pedagógica e à experiência de uso.

Nota ao avaliador: Recomenda-se aplicar este instrumento a partir do momento em que o protótipo esteja definido, refletindo o *game design* educacional estabelecido. Testes em protótipos de baixa e média fidelidade servem para ajustes internos, mas a avaliação estruturada com foco em aprendizagem e interface deve ocorrer em versões mais consolidadas, evitando retrabalho e garantindo maior aderência aos objetivos pedagógicos (PIRES et al., 2020).

D.1 Dimensão Aprendizagem Multimídia

Nesta dimensão, os itens foram organizados a partir dos 12 princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2009), adaptados ao contexto de jogos educacionais. O propósito é orientar a verificação de como os elementos de interface se relacionam com o processamento da informação, de acordo com princípios, e prevenir a sobrecarga cognitiva (Tabela 29).

Tabela 29 – Princípios da TCAM — Categorias, Perguntas e Avaliação.

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
Coerência		
1	Você considera que o princípio da Coerência (exclusão de informações desnecessárias) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
2	Evita o uso de elementos visuais que não fazem parte do conteúdo principal.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
3	Evita o uso de elementos auditivos que não fazem parte do conteúdo principal.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)

Nº	Pergunta	Avaliação
4	Evita o uso de elementos textuais que não fazem parte do conteúdo principal.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
5	Os elementos na tela (ícones, textos, HUD) são apenas os necessários para a tarefa.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Modalidade		
6	Você considera que o princípio da Modalidade (uso de áudio falado em vez de texto escrito quando acompanhado de imagens) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
7	O protótipo utiliza uma combinação eficaz de áudio e elementos visuais (ex.: efeitos sonoros sincronizados com ações na tela).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
8	A interface apresenta as informações de forma clara usando diferentes modalidades (ex.: visual e auditiva).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Redundância		
9	Você considera que o princípio da Redundância se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
10	O protótipo evita a redundância entre texto falado e texto escrito.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
11	A interface evita apresentar a mesma informação em múltiplos formatos ao mesmo tempo.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Contiguidade Espacial		
12	Você considera que o princípio da Contiguidade Espacial se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
13	Os elementos visuais e textuais relacionados estão próximos uns dos outros na interface.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
14	As informações relacionadas (como ícones, elementos do HUD e indicadores na tela) foram organizadas de forma a facilitar a associação (ex.: ícone de vida próximo à barra de vida).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Contiguidade Temporal		
15	Você considera que o princípio da Contiguidade Temporal se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
16	As informações visuais e auditivas são sincronizadas corretamente.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Segmentação		
17	Você considera que o princípio da Segmentação se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não

Nº	Pergunta	Avaliação
18	O conteúdo do jogo foi dividido em seções menores para facilitar o entendimento.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
19	A interface permite que o usuário processe a informação em pequenas partes, sem sobrecarga.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Pré-formação		
20	Você considera que o princípio da Pré-formação (elementos-chave ou conceitos iniciais devem ser apresentados antes de tarefas mais complexas, permitindo que o aprendiz se familiarize com o conteúdo) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
21	As informações essenciais para entender o jogo são apresentadas antes de o jogador começar a interagir (ex.: objetivo inicial ou função dos botões).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
22	A interface apresenta primeiro os elementos essenciais da tela, destacando o que o jogador deve observar ao iniciar (ex.: botão principal de ação).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Personalização		
23	Você considera que o princípio da Personalização (o uso de uma linguagem mais conversacional, ao invés de formal, torna o conteúdo mais acessível e engajador) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
24	A comunicação no jogo utiliza um tom conversacional e acessível (ex.: “Pressione para continuar”).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
25	O texto do jogo é amigável e envolvente, facilitando a interação.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Imagem		
26	Você considera que o princípio da Imagem (a inclusão de personagens visuais ou elementos gráficos deve ter um propósito claro, contribuindo diretamente para o aprendizado) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
27	As imagens facilitam a compreensão do conteúdo apresentado.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
28	As imagens utilizadas são coerentes com o contexto do jogo.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
29	A interface apresenta um bom equilíbrio entre o uso de imagens e texto.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Voz		

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
30	Você considera que o princípio da Voz (as pessoas aprendem melhor quando apresentadores reais, em vez de máquinas, fazem as narrações) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
31	A voz utilizada é apropriada para o contexto do jogo.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
32	A entonação da voz é agradável e contribui para uma experiência envolvente.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
33	A sincronização entre voz e elementos visuais ou sonoros acontece de forma precisa (ex.: a fala acompanha a animação correspondente).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Multimídia		
34	Você considera que o princípio da Multimídia (as pessoas aprendem melhor com uma combinação de palavras e imagens) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
35	A interface integra diferentes mídias (texto, imagem, áudio, vídeo) de maneira equilibrada.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
36	O jogo evita o excesso de multimídia, garantindo uma experiência fluida.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
37	A interação entre áudio e imagem melhora a compreensão dos conteúdos apresentados.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
Sinalização		
38	Você considera que o princípio da Sinalização (o uso de destaques, como setas, cores ou sons, deve direcionar a atenção para informações importantes, facilitando o aprendizado) se aplica ao jogo?	1 - Sim 2 - Não
39	A interface utiliza elementos visuais (setas, cores, negrito) para destacar informações importantes.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
40	O uso de sons no jogo auxilia na sinalização de eventos importantes dentro da interface.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
41	O destaque de elementos críticos na interface ocorre de maneira consistente (ex.: botões importantes aparecem realçados).	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)
42	A interface não utiliza elementos de destaque excessivos que possam causar distração.	Escala Likert (1 - Discordo totalmente a 5 - Concordo totalmente)

D.2 Dimensão Game Design Educacional

Nesta dimensão, os itens foram organizados para observar a coerência entre mundo do jogo, mecânicas, dinâmicas, objetivos e formas de avaliação. O propósito é orientar a verificação de como esses elementos se relacionam com as metas de aprendizagem propostas, possibilitando identificar indícios de adequação ou de ajustes necessários (Tabela 30).

Tabela 30 – Categorias — Dimensão *Game Design* educacional.

Nº	Pergunta	Avaliação
Mundo do Jogo		
Categoria: Marcos de Referência		
1	Quais marcos de referência você percebeu no cenário e como eles ajudaram na sua navegação?	• Landmarks (estruturas/objetos notáveis) — ex.: torres, estátuas, grandes árvores. • Cores destacadas / iluminação diferenciada — ex.: caminhos claros, áreas iluminadas. • Texturas ou trilhas visíveis — ex.: pisos com texturas indicando direção. • Sinalizações ou setas — ex.: placas, setas no chão/ambiente. • Objetos dinâmicos — ex.: bandeiras, fumaça, fogo. • Sons direcionais — ex.: água, passos, sons indicando direção. • Alteração na música/trilha — ex.: mudança de ritmo/perto de objetivos. • Narrações/diálogos que dão pistas. • Elementos do ambiente natural — ex.: montanhas, rios, desfiladeiros. • Personagens/NPCs que sugerem o caminho. • Fronteiras visíveis — ex.: pontes, portões, barreiras. • Checkpoints/pontos de salvamento. • Portais/portas de transição. • Itens interativos — ex.: baús, alavancas, chaves. • Outros (especifique).
2	Os marcos de referência ajudaram você a entender o caminho correto a seguir?	Escala Likert (1–5)

Nº	Pergunta	Avaliação
3	Os elementos visuais da interface ajudaram a identificar o ponto de chegada da fase.	Escala Likert (1–5)
4	Você encontrou alguma parte do nível confusa ou difícil de interpretar? Se sim, descreva qual e por quê.	Resposta aberta
5	Quais elementos visuais no jogo educacional reforçam o conteúdo de maneira clara e prática?	• Mapas/diagramas interativos • Animações instrutivas • Cores/destaques para priorizar informações • Gráficos/tabelas • Avatares/personagens-guia • Cenários contextualizados (mundo real) • Ícones educativos (conceitos-chave) • Feedback visual imediato (ex.: barras de progresso, animações de acerto/erro) • Tutoriais visuais/sequências guiadas • Outro (especifique)
Categoria: Personagens		
6	O jogo tinha personagens que o jogador podia interagir?	1 - Sim 2 - Não
7	Se sim, quais aspectos chamaram sua atenção no design dos personagens do protótipo? (Marque todos que se aplicam.)	• Aparência (roupas, acessórios, estilos visuais) • Animações/movimentos (fluidez, naturalidade) • Habilidades/funcionalidades no jogo • Relevância na narrativa/objetivos • Interatividade com o jogador • Personalização disponível • Não percebi aspectos que precisassem de ajustes
8	O visual dos personagens ajudou a compreender o objetivo de aprendizagem do jogo.	Escala Likert (1-5)

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
9	As ações dos personagens ajudaram a compreender o que fazer no jogo.	Escala Likert (1-5)
Mecânicas de Jogo		
Categoria: *Gameplay*		
10	Quais elementos visuais chamaram mais sua atenção durante a fase?	Resposta aberta
11	Você teve dificuldade em distinguir elementos importantes de elementos decorativos? Se sim, explique.	Resposta aberta
12	O design visual afetou sua capacidade de resolver os desafios?	Escala Likert (1–5)
Categoria: Obstáculos		
13	Os obstáculos no jogo eram visualmente claros e coerentes com a temática do nível?	Escala Likert (1–5)
12	Os obstáculos foram bem integrados ao *gameplay*, adicionando desafio sem interromper o fluxo?	Escala Likert (1–5)
14	Você encontrou obstáculos enquanto explorava ou progredia no jogo?	1 — Sim; 2 — Não
15	Se sim, quais foram os obstáculos?	• Layout confuso/difícil de navegar • Objetivos pouco claros/mal definidos • *Puzzles* mal balanceados (muito fáceis/difíceis) • Cores/iluminação/detalhes que dificultaram a jogabilidade • Barreiras/obstáculos desnecessários ou frustrantes • Outro (especifique)
Categoria: Mecânica		
16	Os elementos visuais do jogo (gráficos, animações) reforçam o conteúdo educacional de forma clara e prática?	Escala Likert (1–5)
Dinâmicas de Jogo		
Categoria: Progressão		

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
17	O jogo fornecia algum mecanismo para mostrar o progresso ?	1 — Sim; 2 — Não
18	Se sim, quais mecanismos o jogo fornecia para mostrar seu progresso? (Selecione todas as opções que se aplicam	• Níveis • Barras de progresso • Missões/objetivos concluídos • Pontuação/ranking • Conquistas/medalhas • Mapa de progresso • Tempo decorrido • Itens coletados • Outros (especificar)
19	Os elementos visuais que mostravam meu progresso estavam fáceis de identificar na tela.	Escala Likert (1–5)
20	O modo como o progresso é exibido ajuda a saber o que fazer a seguir.	Escala Likert (1–5)
Categoria: *Puzzles*		
21	O jogo apresentava *puzzles* ou desafios que exigiam lógica/resolução de problemas?	1 - Sim 2 - Não

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
22	Se sim, quais eram?	• Lógico (dedução, raciocínio simbólico, padrões de regras) • Espacial (movimentação ou posicionamento de objetos) • Sequencial (ordem correta de ações ou eventos) • Observação (identificação de diferenças, padrões visuais) • Tempo/Ritmo (baseado em cadência ou sincronização) • Física (gravidade, colisões, força, equilíbrio) • Narrativo (resolução de mistério, pistas textuais/visuais) • Conhecimento/Trivia (questões factuais ou conceituais) • Combinação/Correspondência (associação de pares ou elementos) • Matemático (números, proporções, operações) • Social/Colaborativo (requer cooperação entre jogadores) • Ético/Decisório (decisões morais ou estratégicas) • Outro (especifique)
23	A aparência dos puzzles na tela despertou meu interesse.	Escala Likert (1-5)
Objetivos e Avaliação		
Categoria: Missões		
24	Os objetivos do jogo estavam apresentados de forma clara.	Escala Likert (1–5)
25	As missões do jogo estavam claras.	
Categoria: Objetivos Educacionais		
Categoria: Coletáveis		

Nº	Pergunta	Avaliação
26	O jogo incluía itens coletáveis que podiam ser acumulados para oferecer benefícios futuros?	1 — Sim; 2 — Não
27	Se, sim, quais itens coletáveis estavam presentes no jogo? (Selecione todas as opções que se aplicam)	• Equipamentos ou itens de proteção aprimorados (Armadura / item tecnológico) • Itens de armazenamento ou baús com recompensas (Caixa de coleta / baú de itens) • Itens de progressão ou desbloqueio de áreas (Chave / item de acesso) • Itens monetários ou de pontuação (Moedas / currency) • Ferramentas de abertura ou acesso especial (Gazua / ferramenta de invasão) • Itens de restauração de saúde (Pacote de vida / item de cura) • Itens de energia ou recursos mágicos (Poção de mana / item de energia) • Entidades colecionáveis ou companheiros (Robô / criatura colecionável) • Códigos ou informações de acesso (Senha / dado secreto) • Personagens ou seres transportáveis (Ser de carga / NPC colecionável) • Outro (especifique)
28	Os itens coletáveis contribuíam para a progressão do jogador dentro das fases?	d
29	Os itens coletáveis estavam claramente visíveis e fáceis de identificar na tela.	Escala Likert (1-5)
Categoria: Power-ups		

Nº	**Pergunta**	**Avaliação**
30	O jogo oferecia *power-ups* com efeitos que alteravam temporariamente as ações do jogador?	1 — Sim; 2 — Não
31	Se, sim, quais itens de power-ups estavam presentes no jogo? (Selecione todas as opções que se aplicam)	• Aumento temporário de velocidade (Acelerador) • Ataques adicionais direcionados à retaguarda do inimigo (Ataque traseiro) • Ataques adicionais direcionados à frente (Ataque frontal) • Melhoria ou atualização tecnológica do personagem (Upgrade cibernético) • Habilidade especial de captura ou bloqueio (Captura de projéteis / paddle) • Controle aprimorado de movimento ou direção (Controle direcional) • Desbloqueio de movimentos ou combos especiais (Golpe secreto / movimento oculto) • Aquisição de uma nova arma (Nova arma obtida) • Desbloqueio de novas habilidades ou poderes (Novo poder ou habilidade) • Power-up mágico ou de energia especial (Orbe mágica / energia especial) • Outros
Categoria: *Design* Visual (coleta visual)		
32	Envie a figura da(s) tela(s) que você está avaliando no jogo. Se possível, destaque os elementos mencionados nas questões acima (circulando, setas etc.).	Envio de captura de tela com marcações (coleta visual para análise qualitativa)

D.3 Dimensão UX/UI *Design*

Por fim, esta dimensão aborda a clareza visual, a navegabilidade, a consistência e a acessibilidade da interface, avaliando se os objetivos, *feedbacks* e informações de progresso são apresentados de forma compreensível e funcional para o jogador (Tabela 31).

Tabela 31 – Dimensão *UX/UI Design* — Categorias, perguntas e medidas de avaliação.

Nº	Categoria	Pergunta	Medida de avaliação
Estética e legibilidade			
1	Estética visual	O design do jogo é atraente.	Likert 1–5 (atratividade); evidência (capturas).
2	Harmonia visual	Os textos, cores e fontes combinam.	Likert 1–5 (harmonia); checklist (alinhamento/contraste).
3	Legibilidade	As fontes utilizadas no jogo são fáceis de ler.	Likert 1–5.
4	Paleta de cores	As cores utilizadas no jogo são legais.	Likert 1–5 (agradabilidade); verificação de contraste ($\geq$ 4,5:1).
Aprendizibilidade			
5	Esforço inicial	Eu precisei aprender poucas coisas para começar a jogar o jogo.	Likert 1–5; tempo até concluir a 1ª tarefa; erros no onboarding.
6	Facilidade de aprendizagem	Foi fácil aprender a jogar este jogo.	Likert 1–5; nº de tentativas até o sucesso.
7	Aprendizagem pelos usuários	Eu acho que a maioria das pessoas aprenderia a jogar este jogo rapidamente.	Likert 1–5; taxa de sucesso de novos usuários (1ª sessão).
Usabilidade e navegação			
8	Facilidade de uso	Eu considero que o jogo é fácil de jogar.	Likert 1–5; cliques/passos por tarefa.
9	Clareza de regras	As regras do jogo são claras e compreensíveis.	Likert 1–5; taxa de erros por desconhecimento de regra.
10	Navegação	A interface do jogo é fácil de navegar.	Likert 1–5; tempo para localizar funções; nº de retornos/erros de navegação.
11	Controles	Os controles do jogo são simples.	Likert 1–5; taxa de erro de input; necessidade de remapeamento.
12	Mensagens na tela	As mensagens exibidas na tela são claras.	Likert 1–5; sucesso após ler a mensagem (Sim/Não).

Nº	**Categoria**	**Pergunta**	**Medida de avaliação**
13	Informações para objetivos	O jogo me fornece as informações necessárias para atingir meus objetivos.	Likert 1–5; tempo para identificar objetivo/estado atual.
***Feedback* e progresso**			
14	Feedback imediato	Recebo feedback imediato sobre minhas ações.	Likert 1–5; presença de feedback (Sim/Não); latência percebida.
15	Novas tarefas	Sou notificado imediatamente sobre novas tarefas.	Likert 1–5; tempo até perceber a nova tarefa.
16	Status/progresso	Recebo informações sobre meu status (por exemplo, pontuação ou nível).	Likert 1–5; visibilidade contínua do status (Sim/Não).
Leis e princípios de UX/UI			
17	Consistência	Os elementos do HUD (como barras, mapas e indicadores) mantêm aparência coerente com seus significados durante o jogo.	Likert 1–5
18	Familiaridade	Os padrões de interação são reconhecíveis para o gênero do jogo.	Likert 1–5; taxa de acerto na 1ª tentativa.
19	Alvos de interação (Lei de Fitts)	Botões e alvos estão em tamanho e espaçamento adequados ao toque/clique.	Escala Likert (1-5); taxa de acerto na 1a tentativa.
20	Complexidade de escolha (Lei de Hick)	A quantidade de opções na tela é adequada para tomar decisões com facilidade.	Nº de opções simultâneas; tempo de decisão; Likert 1–5 (sobrecarga).
21	Destaque visual	Ações e informações-chave estão claramente destacadas.	Tempo até localizar CTA; contraste local; Likert 1–5.
22	Fluidez da interação	O jogo apresenta respostas rápidas às interações realizadas.	Tempo de resposta; presença de feedback (Sim/Não); Likert 1–5.

E

RELATÓRIOS DO PEACH

Este capítulo apresenta os relatórios completos das avaliações realizadas com o instrumento PEACH. Cada relatório contém: (a) um resumo visual dos *scores* por critério e por dimensão; (b) as medianas obtidas; (c) os principais comentários qualitativos; e (d) recomendações visuais e cognitivas para orientar melhorias nos protótipos. Esses relatórios são formativos e apoiam processos iterativos de desenvolvimento.

E.1 Relatório do jogo *Dungeons & Diabetes*

A seguir, apresenta-se o relatório da avaliação do jogo *Dungeons & Diabetes*, elaborado a partir das respostas fornecidas pelo avaliador com base nos critérios do modelo PEACH. Os resultados incluem um resumo visual, medidas descritivas e sínteses qualitativas organizadas por categoria e dimensão.

1. Resumo visual das medianas por dimensão

As Figuras 28, 29 e 30 apresentam as medianas obtidas para cada critério nas três dimensões avaliadas pelo modelo PEACH. Os gráficos permitem observar, de forma mais detalhada, como o desempenho do jogo varia dentro de cada conjunto de critérios.

Na dimensão *Aprendizagem Multimídia*, destacam-se valores mais baixos para Contiguidade Espacial, Multimídia e Sinalização, indicando desafios na integração entre modos sensoriais e na clareza de elementos críticos.

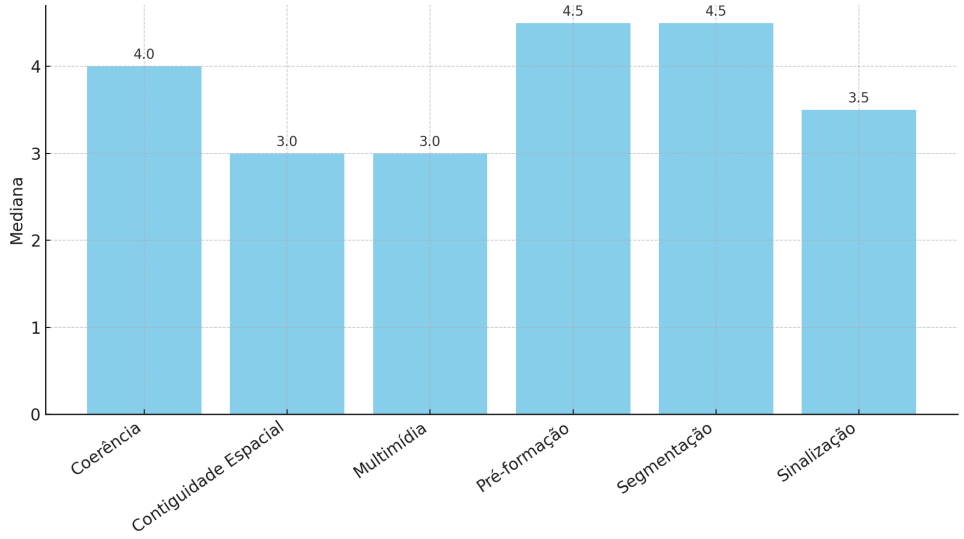


Figura 28 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Dungeons & Diabetes*.

Em *Game Design Educacional*, a distribuição das medianas é mais uniforme, com valores entre 4 e 5, sugerindo boa aderência do jogo aos objetivos pedagógicos e à estrutura da fase.

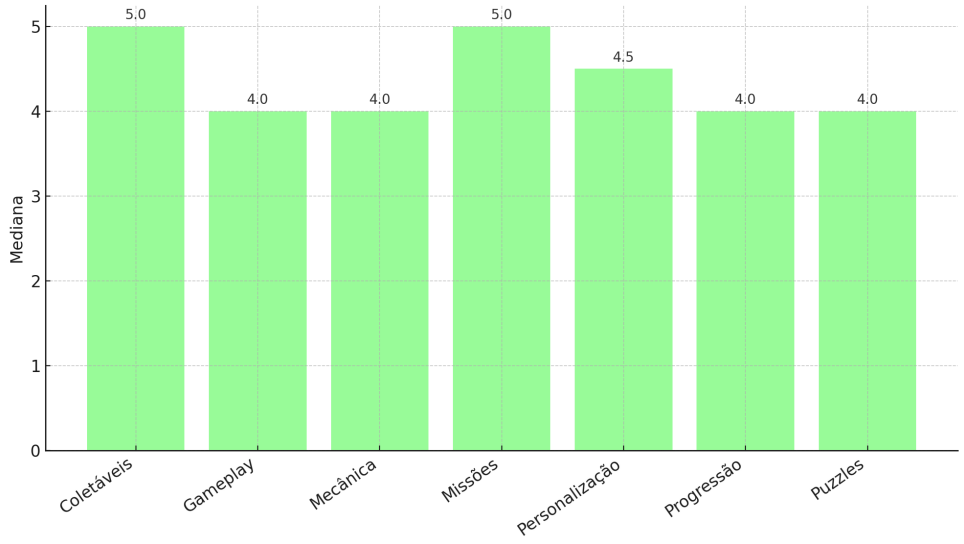


Figura 29 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Dungeons & Diabetes*.

Por fim, a dimensão *UX/UI* apresenta maior variabilidade interna, com medianas menores em Acessibilidade, Alvos de interação, Marcos de referência e Operabilidade, refletindo questões relacionadas à clareza visual, distinção entre elementos e facilidade de navegação.

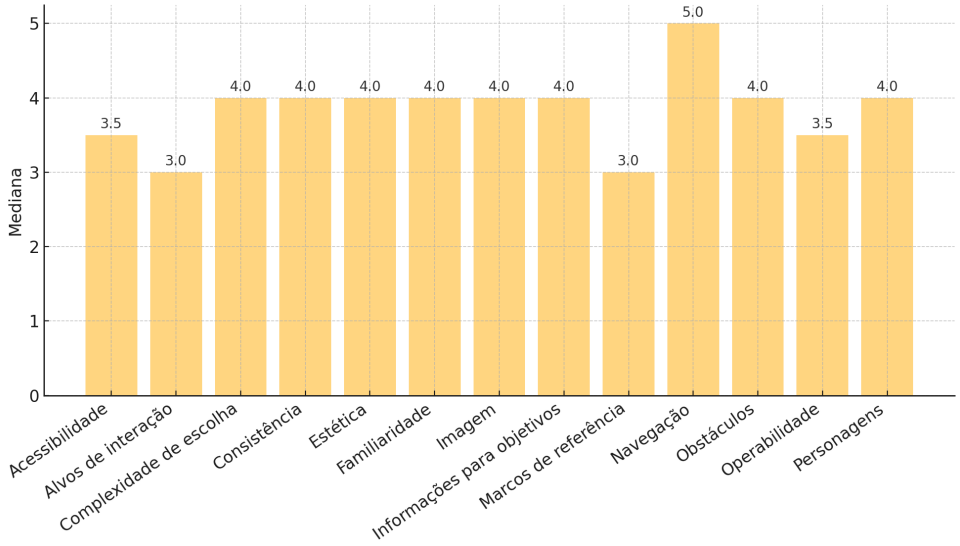


Figura 30 – Medianas por critério na dimensão UX/UI para o jogo *Dungeons & Diabetes*.

2. Medianas por dimensão

As medianas atribuídas foram:

- **Aprendizagem Multimídia**: 4
- **Game Design Educacional**: 4
- **UX/UI**: 4

Apesar da consistência entre dimensões, diversos itens específicos receberam notas inferiores a 4, sugerindo pontos de revisão, especialmente relacionados à clareza multimodal e à sinalização.

3. Categorias analisadas e síntese do avaliador

A Tabela 32 organiza as percepções do avaliador. As sínteses reforçam que a comunicação do progresso, a distinção visual entre elementos e a clareza das interações ainda apresentam inconsistências.

Tabela 32 – Categorias analisadas e síntese da percepção do avaliador.

Categoria	**Síntese da análise**
Progresso	Progresso percebido por níveis e coletáveis; indicadores pouco explícitos reduzem clareza dos marcos de referência.
Coletáveis	Chaves, moedas e itens de cura identificados; funções nem sempre evidentes.
Power-ups	O jogo não apresenta power-ups.
Design dos personagens	Aparência, posição e falas reconhecidas; relação com o conteúdo educativo pouco consistente.
Obstáculos	Layout confuso e puzzles desbalanceados prejudicam fluidez.
Marcos de referência	Diálogos, NPCs e checkpoints auxiliam parcialmente; tutorial final gerou confusão.
Mecânicas	Alimentos de glicose têm destaque maior que outros elementos importantes para a tarefa.

4. Itens avaliados

A seguir, apresentam-se os itens com notas inferiores e superiores a 4. A distribuição reforça que os principais desafios concentram-se na integração multimodal e na coerência visual da interface.

4.1 Itens a serem ajustados

No total, 14 itens foram avaliados com nota inferior a 4, sendo 6 relacionados à dimensão de Aprendizagem Multimídia e 8 à dimensão de UX/UI (Tabela 33). Os casos mais críticos, com nota igual a 1, estão associados à integração multimodal (contiguidade espacial e princípio multimídia) e ao uso de sons como recurso de sinalização, indicando problemas na sincronização entre áudio, imagem e eventos relevantes para o jogador.

Tabela 33 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Dungeons & Diabetes*.

Dimensão	Critério	Item a ser corrigido	Nota
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Evita o uso de elementos auditivos irrelevantes.	3
Aprendizagem Multimídia	Contiguidade Espacial	Informações visuais e auditivas não estão sincronizadas.	1
Aprendizagem Multimídia	Multimídia	Integração entre mídias é inconsistente.	3
Aprendizagem Multimídia	Multimídia	A interação áudio–imagem não melhora a compreensão.	1
Aprendizagem Multimídia	Sinalização	Sons não auxiliam na identificação de eventos.	1
Aprendizagem Multimídia	Sinalização	Elementos críticos não possuem saliência adequada.	3
UX/UI	Personagens	Obstáculos pouco diferenciados visualmente.	2
UX/UI	Marcos de referência	Elementos visuais não reforçam o progresso com clareza.	3
UX/UI	Marcos de referência	Coerência visual insuficiente para navegação.	3
UX/UI	Estética	Textos, cores e fontes não combinam plenamente.	3
UX/UI	Operabilidade	Fontes são parcialmente difíceis de ler.	3
UX/UI	Acessibilidade	Cores adequadas apenas parcialmente.	2
UX/UI	Informações para objetivos	Notificações pouco claras.	2
UX/UI	Alvos de interação	Excesso de opções exige atenção adicional.	3

4.2 Itens bem avaliados

Ao todo, 7 itens receberam nota igual ou superior a 4, indicando que alguns aspectos do jogo já apresentam boa adequação (Tabela 34). Os resultados positivos concentram-se mais nos princípios de Aprendizagem Multimídia, como segmentação, coerência e contiguidade temporal, e nos critérios de *Game Design* Educacional, que demonstram clareza dos objetivos e alinhamento temático com o conteúdo sobre diabetes. Em UX/UI, o *layout* e o *feedback* visual receberam avaliações positivas, sugerindo que os elementos principais estão organizados de forma clara para o avaliador.

Tabela 34 – Itens com nota adequada no jogo *Dungeons & Diabetes*.

Dimensão	Critério	Item bem avaliado	Nota
Aprendizagem Multimídia	Segmentação	Divisão de informações facilita compreensão.	4
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Informações essenciais são mantidas sem excessos.	4
Aprendizagem Multimídia	Contiguidade Temporal	Em partes, texto e imagem aparecem simultaneamente.	4
Game Design Educacional	Objetivos	Objetivos da fase são claros.	4
Game Design Educacional	Narrativa	Relação adequada com o tema diabetes.	4
UX/UI	Layout	Organização geral adequada.	4
UX/UI	Feedback	Feedback visual satisfatório.	4

5. Resumo das respostas de múltipla escolha

A Tabela 35 sintetiza as respostas selecionadas pelo avaliador. Esses dados ajudam a contextualizar as notas atribuídas, especialmente em relação aos elementos de progressão e à clareza de referências visuais.

Tabela 35 – Resumo das respostas selecionadas pelo avaliador.

Categoria	Respostas selecionadas
Progresso	Níveis; Itens coletados.
Itens coletáveis	Chave/Acesso; Moedas; Itens de cura.
Power-ups	Não possui.
Tipo de desafio espacial	Movimentação; Posicionamento de objetos.
Design dos personagens	Aparência visual; Posição; Reações a erros; Falas; Relação com conteúdo pedagógico.
Obstáculos	Layout confuso; Puzzles fáceis/difíceis; Barreiras desnecessárias.
Marcos de referência	Narrações; NPCs; Checkpoints; Portais; Ícones educativos; Tutoriais visuais.
Confusão no nível	Coleta da caneta no vendedor não ficou clara.
Elementos de destaque visual	Alimentos de controle da glicemia.

E.2 Relatório do jogo *Robohouse*

O relatório a seguir apresenta a avaliação do jogo *Robohouse* com base no modelo PEACH. Assim como no jogo anterior, os resultados estão organizados em: (i) um resumo visual das medianas por critério e por

dimensão; (ii) medianas consolidadas por dimensão; (iii) síntese qualitativa das categorias analisadas; (iv) itens avaliados, com destaque para aqueles com nota inferior a 4; e (v) resumo das respostas de múltipla escolha.

1. Resumo visual das medianas por dimensão

As Figuras 31, 32 e 33 apresentam as medianas obtidas para cada critério nas três dimensões avaliadas pelo modelo PEACH no jogo *Robohouse*. Os gráficos permitem observar, de forma detalhada, como o desempenho varia internamente em cada conjunto de critérios, evidenciando tanto os pontos fortes quanto os aspectos que demandam maior atenção.

Na dimensão *Aprendizagem Multimídia*, observa-se uma distribuição heterogênea, com medianas variando entre 2,0 e 4,0. Os valores mais baixos aparecem nos critérios de Multimídia (2,0) e Sinalização (3,0), sugerindo dificuldades na integração entre modalidades sensoriais e na clareza dos elementos visuais que deveriam destacar informações importantes. Em contraste, os critérios Imagem (4,0) e Coerência/Pré-formação (3,5) apresentam melhor desempenho, indicando maior consistência na organização dos conteúdos visuais.

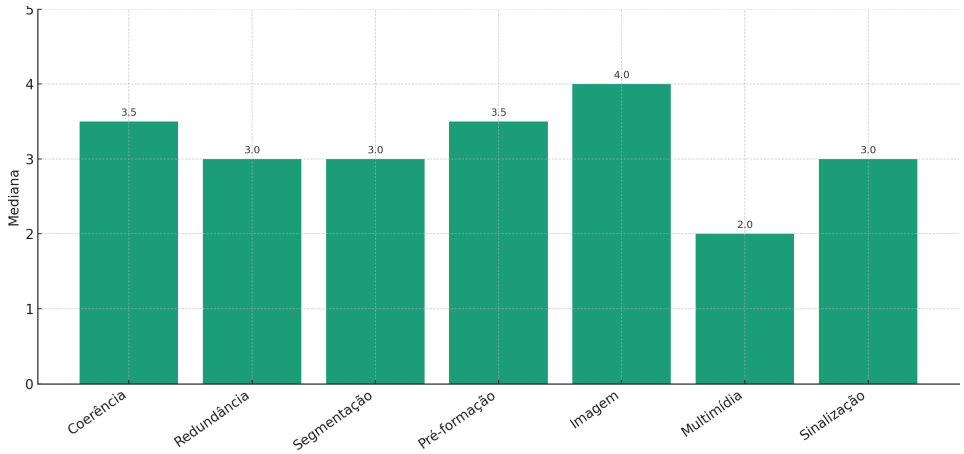


Figura 31 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Robohouse*.

Na dimensão de *Game Design Educacional*, os valores concentram-se entre 2,0 e 4,0. O critério Puzzles (2,0) apresenta a menor mediana da dimensão, indicando possíveis limitações na elaboração dos desafios lógicos ou na clareza de sua execução. Por outro lado, Missões (4,0) e Coletáveis/Personagens (3,5) apresentam desempenho superior, refletindo boa estruturação das metas da fase, elementos de coleta e construção dos personagens dentro do contexto do jogo.

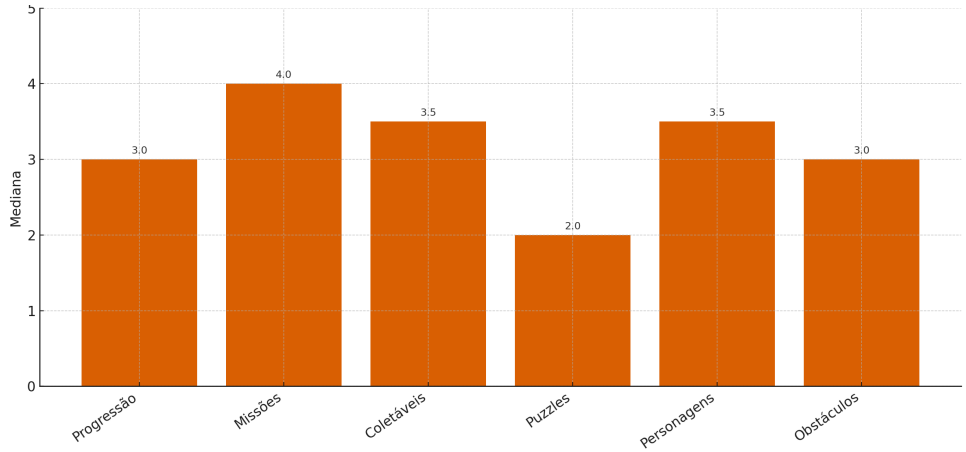


Figura 32 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Robohouse*.

Por fim, a dimensão *UX/UI* apresenta a maior variabilidade entre todos os conjuntos avaliados, com medianas entre 2,0 e 4,0. Os critérios Navegação (2,0), Informações para objetivos (2,0), Familiaridade (2,0), Alvos de interação (2,0) e Destaque visual (2,0) aparecem como pontos críticos, sugerindo dificuldades relacionadas à orientação do jogador, legibilidade dos elementos essenciais e facilidade de identificar ações possíveis. Em contraste, Operabilidade (4,0), Consistência (4,0) e Complexidade de escolha (4,0) obtiveram valores mais altos, indicando que o fluxo geral das interações está bem estruturado e apresenta boa coerência entre as telas.

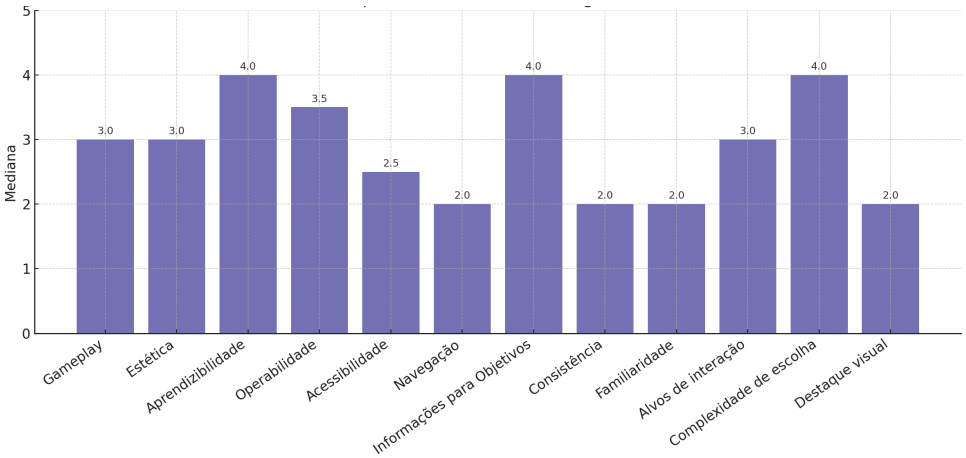


Figura 33 – Medianas por critério na dimensão UX/UI para o jogo *Robohouse*.

2. Medianas por dimensão

A Tabela 36 apresenta as medianas consolidadas atribuídas pelo avaliador em cada dimensão do PEACH. O menor valor aparece em *UX/UI*, indicando que os principais desafios percebidos estão relacionados à clareza visual e à organização da interface.

Dimensão	Mediana
Aprendizagem Multimídia	3
Game Design Educacional	3
UX/UI	2

Tabela 36 – Medianas por dimensão — *Robohouse*.

3. Categorias analisadas e síntese do avaliador

A Tabela 37 resume as observações oferecidas pelo avaliador para cada categoria. De modo geral, destacam-se dificuldades na distinção entre elementos decorativos e interativos, compreensão do progresso e clareza das instruções.

Tabela 37 – Categorias analisadas e síntese da percepção do avaliador.

Categoria	Síntese da análise
Distinção visual	Elementos decorativos próximos a itens interativos dificultam identificação.
Instruções	Textos longos e distantes dos objetos prejudicam contiguidade espacial.
Progresso	Ausência de marcadores explícitos; marcos naturais ajudaram parcialmente.
Reforço pedagógico	Animações e feedback visual auxiliaram compreensão.
Interatividade	Alguns elementos críticos não apresentam saliência suficiente.

4. Itens avaliados

A seguir, são apresentados os itens do PEACH avaliados no jogo *Robohouse*, organizados entre aqueles que requerem ajustes (nota menor que 4) e aqueles considerados adequados (nota maior ou igual a 4).

4.1 Itens a serem ajustados

No total, **24 itens foram avaliados com nota inferior a 4**. A maior parte pertence às dimensões de *Aprendizagem Multimídia* (10 itens) e *UX/UI* (11 itens), indicando que os principais desafios do protótipo estão relacionados à clareza multimodal, saliência visual, legibilidade e navegação. Os valores variam entre 2 e 3,5, reforçando a necessidade de revisão estrutural desses elementos, apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Robohouse*.

Dimensão	Critério	Item avaliado	Nota
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Mantém apenas informações essenciais	3
	Coerência	Evita elementos desnecessários	3
	Coerência	Evita sons irrelevantes	2
	Modalidade	Combinação multimodal auxilia compreensão	3
	Imagem	Imagens contribuem para clareza	3
	Sinalização	Elementos importantes apresentam baixa saliência	2
	Sinalização	Destaques visuais perceptíveis	3
	Sinalização	Feedback visual consistente	3
	Pré-formação	Ordem das informações facilita entendimento	3.5
	Contiguidade Temporal	Texto e imagem aparecem juntos	3
Game Design Educacional	Progressão	Evolução coerente da dificuldade	2
	Progressão	Organização da curva de aprendizado	2
	Coletáveis	Função pedagógica dos coletáveis é clara	2
UX/UI	Acessibilidade	Cores adequadas e acessíveis	2
	Operabilidade	Fontes legíveis	2.5
	Consistência	Padrões visuais coerentes	2
	Familiaridade	Segue padrões conhecidos	2
	Alvos de interação	Tamanho adequado dos botões	2
	Complexidade	Quantidade de opções adequada	2
	Personagens	Elementos importantes se destacam	2
	Imagem	Elementos visualmente distintos	3
	Navegação	Interface compreensível	3
	Marcos de referência	Estruturas ajudam navegação	3
	Informações para objetivos	Notificações claras	3

4.2 Itens bem avaliados

Apenas **5 itens** receberam nota igual ou superior a 4, conforme apresentado na Tabela 39. Os valores concentram-se em critérios específicos de *Game Design Educacional*, *Aprendizagem Multimídia* e *UX/UI*. Embora poucos, esses resultados indicam que certos elementos estruturais do jogo já oferecem suporte satisfatório ao jogador.

Tabela 39 – Itens com nota adequada nota igual ou superior a 4 no jogo *Robohouse*.

Dimensão	Critério	Item bem avaliado	Nota
Game Design	Missões	Missões bem definidas	4
Educacional			
Aprendizagem	Multimídia	Uso adequado de multimodalidade	4
Multimídia			
	Navegação	Navegação parcialmente clara	4
UX/UI	Obstáculos	Obstáculos coerentes com a tarefa	4
	Puzzles	Desafios compatíveis com a fase	4

5. Resumo das respostas de múltipla escolha

A Tabela 40 sintetiza as seleções realizadas pelo avaliador, complementando a interpretação das notas atribuídas.

Tabela 40 – Resumo das respostas de múltipla escolha selecionadas pelo avaliador.

Categoria	Respostas selecionadas
Progresso	Níveis
Itens coletáveis	Chaves, moedas, itens de cura
Power-ups	Não possui
Aspecto espacial	Posicionamento de objetos
Design dos personagens	Aparência visual, posição, reações, falas, relação pedagógica
Obstáculos	Layout confuso, puzzles, barreiras
Marcos de referência	NPCs, diálogos, checkpoints
Nível confuso	Última sala do tutorial
Elementos de destaque visual	Alimentos para controle de glicose

E.3 Relatório do jogo *Enigma Pirata*

Este apêndice apresenta o relatório completo gerado a partir da aplicação do modelo PEACH ao jogo *Enigma Pirata*. O relatório contém: (i) um resumo visual das medianas; (ii) medianas por dimensão; (iii) síntese das categorias analisadas; (iv) itens avaliados, incluindo itens a serem ajustados e itens bem avaliados; e (v) um resumo das respostas de múltipla escolha fornecidas pela desenvolvedora durante o processo de avaliação.

1. Resumo visual das medianas por dimensão

As Figuras 34, 35 e 36 apresentam as medianas obtidas para cada critério nas três dimensões avaliadas pelo modelo PEACH no jogo *Enigma Pirata*. Os gráficos permitem visualizar tendências no desempenho de cada conjunto de critérios, oferecendo indícios sobre aspectos que podem estar mais consolidados e outros que possivelmente demandam revisão.

Na dimensão *Aprendizagem Multimídia*, observa-se uma distribuição relativamente equilibrada, com medianas entre 3,0 e 4,0. Os valores mais baixos, encontrados nos critérios Modalidade, Redundância, Contiguidade Temporal, Pré-formação, Multimídia e Sinalização (todos com mediana 3,0), podem sugerir indícios de desafios relacionados à combinação entre canais sensoriais, à sincronização temporal das instruções ou à ênfase de elementos relevantes na interface. Por outro lado, critérios como Coerência, Contiguidade Espacial, Segmentação, Personalização, Imagem e Voz, todos com mediana 4,0, tendem a indicar maior estabilidade na organização visual, na divisão das informações e na clareza geral dos conteúdos.

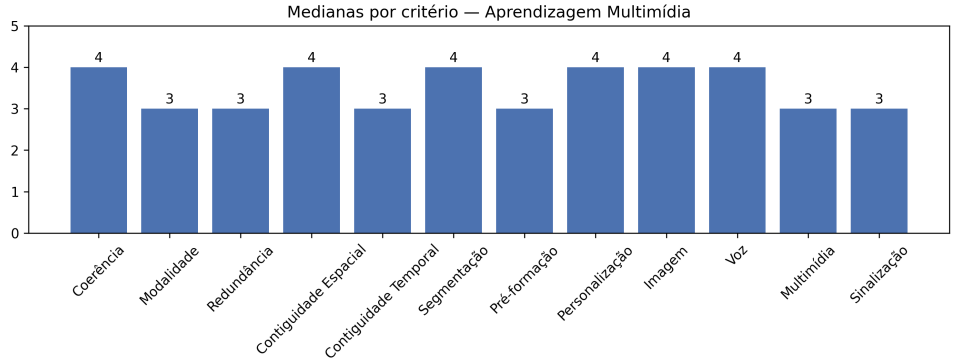


Figura 34 – Medianas por critério na dimensão Aprendizagem Multimídia para o jogo *Enigma Pirata*.

Na dimensão de *Game Design Educacional*, os valores também se situam entre 3,0 e 4,0. Os critérios Coletáveis e Power-ups, com mediana 3,0, podem apontar para possibilidades de melhoria na distribuição de itens, recompensas ou elementos de apoio. Já Progressão, Missões e Puzzles, com mediana 4,0, sugerem que a estrutura dos objetivos, a trajetória do jogador e os desafios apresentados estão, em geral, bem alinhados ao propósito da fase.

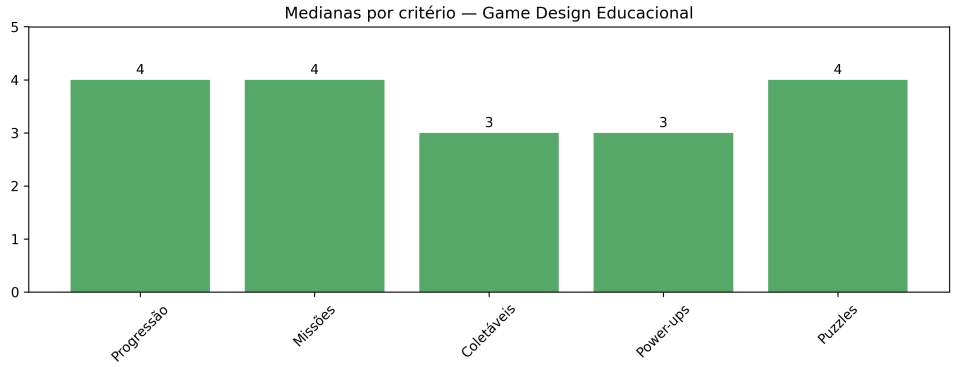


Figura 35 – Medianas por critério na dimensão Game Design Educacional para o jogo *Enigma Pirata*.

Por fim, na dimensão *UX/UI Design*, as medianas variam entre 3,0 e 4,0, mantendo um padrão semelhante às demais dimensões. O critério *Feedback Visual*, com mediana 3,0, pode indicar que alguns sinais visuais de ações ou mudanças de estado talvez não estejam tão evidentes para o jogador. Em contraste, *Layout*, *Legibilidade* e *Destaque/Saliente* apresentam mediana 4,0, o que pode sugerir boa organização das telas, leitura confortável dos elementos textuais e diferenciação adequada de informações importantes.

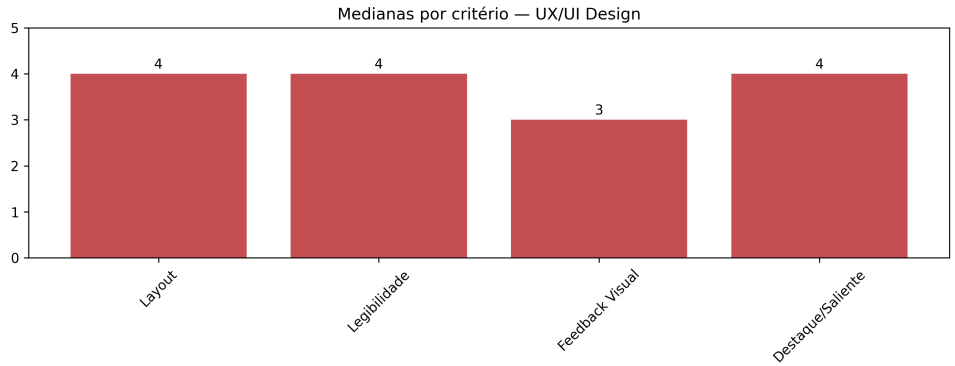


Figura 36 – Medianas por critério na dimensão UX/UI Design para o jogo *Enigma Pirata*.

2. Medianas por dimensão

A Tabela 41 apresenta as medianas obtidas em cada dimensão.

Tabela 41 – Medianas por dimensão – *Enigma Pirata*.

Dimensão	**Mediana**
Aprendizagem Multimídia	4
Game Design Educacional	3
UX/UI Design	3

E.3.1 3. Categorias analisadas e síntese do avaliador

A Tabela 42 sintetiza os itens avaliados com medianas inferiores a 4 no jogo *Enigma Pirata*. As observações reunidas reforçam que aspectos como a integração multimodal, a clareza das instruções, a leitura dos objetivos e a distinção visual entre elementos interativos ainda apresentam fragilidades, impactando a compreensão das tarefas e a fluidez da experiência do jogador.

Tabela 42 – Categorias analisadas e síntese do avaliador.

Categoria	**Síntese da análise**
Princípios Multimídia (Coerência, Segmentação, Integração)	Os princípios de Coerência e Segmentação foram bem compreendidos. Aspectos de integração multimodal receberam as menores notas, especialmente devido à falta de sincronia entre narração, efeitos sonoros e ações do jogo, o que comprometeu a compreensão de algumas instruções.
Marcos de referência / Missões	Os objetivos gerais estavam presentes, mas a relação entre a pista textual e a operação matemática da fase não ficou plenamente clara para o avaliador, reduzindo a leitura do propósito da missão.
Puzzles e Personagens	Puzzles e personagens foram avaliados como adequados. No entanto, a ligação explícita entre os desafios propostos e a aprendizagem desejada poderia ser reforçada.
Mecânica	Não fica claro como os elementos de sinalização auxiliaram na navegação pelos cenários, e alguns elementos essenciais não se destacavam diante dos decorativos do cenário. A tela de desafio para liberar plataformas móveis foi considerada pouco objetiva.
Progresso do Jogador	Foram identificados mecanismos como mapa de progresso, itens coletados e estrelas escondidas na fase.
Itens Coletáveis	O avaliador não identificou itens coletáveis específicos.
Power-ups	O avaliador não identificou power-ups.
Puzzles	Foram reconhecidos vários tipos: lógicos, espaciais, de combinação/correspondência e matemáticos.
Personagens	Chamaram atenção principalmente a aparência visual e as falas/mensagens apresentadas pelos personagens.
Obstáculos Encontrados	Foram apontados: layout confuso, puzzles mal balanceados, barreiras desnecessárias e elementos visuais do nível (cores/iluminação) que dificultaram a jogabilidade.
Marcos de Referência no Cenário	Nenhum marco de referência foi identificado pelo avaliador.
Elementos Visuais que Reforçam o Conteúdo	Mapas ou diagramas interativos e ícones educativos que representam conceitos-chave foram percebidos como reforços do conteúdo.
Elementos Visuais que Mais Chamaram Atenção	Os alimentos relacionados ao controle da glicose e elementos da interface da fase foram os que mais se destacaram visualmente.

4. Itens avaliados

4.1 Itens a serem ajustados

A Tabela 43 apresenta exclusivamente os itens que receberam nota inferior a 4, distribuídos por dimensão e critério.

Tabela 43 – Itens avaliados com nota inferior a 4 no jogo *Enigma Pirata*.

Dimensão	**Princípio/Critério**	**Item avaliado**	**Nota**
Aprendizagem Multimídia	Coerência	Evita o uso de elementos visuais que não fazem parte do conteúdo principal.	3
	Modalidade	O protótipo utiliza uma combinação eficaz de áudio e elementos visuais.	3
	Modalidade	A interface apresenta as informações de forma clara usando diferentes modalidades.	2
	Contiguidade Espacial	Os elementos visuais e textuais relacionados estão próximos uns dos outros.	3
	Personalização	O texto é amigável e envolvente.	2
	Imagem	As imagens são coerentes com o contexto do jogo.	3
	Imagem	A interface apresenta bom equilíbrio entre imagens e texto.	3
	Voz	A narração acompanha as ações do jogo.	1
	Voz	A narração é sincronizada com os elementos da cena.	1
	Voz	Os efeitos sonoros se relacionam com o conteúdo educacional.	1
	Multimídia	Os sons ajudam a compreender a tarefa.	3
	Multimídia	A integração entre áudio e imagem é clara.	1
	Sinalização	Os elementos importantes estão destacados.	3
Game Design Educacional	Progresso	Os elementos visuais de progresso estavam fáceis de identificar.	3
	Progresso	O modo como o progresso é exibido ajuda a saber o que fazer a seguir.	3
	Objetivos	Os objetivos do jogo estavam apresentados de forma clara.	3
	Objetivos	As missões estavam claras.	3
	Coletáveis	Os itens coletáveis contribuíam para a progressão.	3
	Coletáveis	Os itens coletáveis estavam claramente visíveis.	3

Tabela 43 – Continuação

Dimensão	Princípio/Critério	Item avaliado	Nota
	Power-ups	Os power-ups influenciavam temporariamente ações do jogador.	3
	Puzzles	A aparência dos puzzles despertou interesse.	3
	Puzzles	Consegui entender facilmente onde interagir no puzzle.	3
	Personagens	O visual dos personagens ajudou a compreender o objetivo educativo.	3
	Personagens	As ações dos personagens ajudaram a compreender o que fazer.	3
UX/UI	Obstáculos	Os obstáculos eram visualmente claros e coerentes com a temática do nível.	3
	Obstáculos	Obstáculos foram bem integrados ao gameplay.	3
	Marcos de referência	Os marcos ajudaram a entender o caminho correto.	3
	Marcos de referência	Os elementos visuais ajudaram a identificar o ponto de chegada.	3
	Clareza geral	Os elementos visuais reforçam o conteúdo educacional.	3
	Clareza geral	Os elementos da interface mostraram claramente como controlar ações.	3
	Navegação	A interface é fácil de navegar.	3
	Navegação	Os controles são simples.	3
	Feedback	Recebo feedback imediato sobre minhas ações.	3
	Feedback	Sou notificado sobre novas tarefas.	3
	Feedback	Recebo informações sobre meu status.	3
	HUD	Os elementos do HUD mantêm aparência coerente.	3
	Interação	Os padrões de interação são reconhecíveis.	3
	Interação	Botões têm tamanho e espaçamento adequados.	3
	Interação	Quantidade de opções é adequada.	3
	Interação	Ações e informações-chave estão claramente destacadas.	3
	Estética	Os textos, cores e fontes combinam.	3
	Estética	O design do jogo é atraente.	3

4.2 Itens bem avaliados

A Tabela 44 reúne os itens com nota igual ou superior a 4, indicando os aspectos considerados satisfatórios pelo avaliador.

Tabela 44 – Itens avaliados com nota igual ou superior a 4 no jogo *Enigma Pirata*.

Dimensão	Princípio/Critério	Item avaliado	Nota
Aprendizagem Multimídia			
	Segmentação	O conteúdo do jogo foi dividido em partes menores.	4
	Segmentação	A interface permite processar informação em etapas.	4
Game Design Educacional			
	Puzzles	O jogo apresenta desafios que exigem lógica/matemática.	4
UX/UI			
	Estética	O design do jogo foi considerado visualmente atraente.	4
	Navegação	O jogador aprendeu rapidamente a jogar.	4

F

TELAS DO SOFTWARE DO PEACH

Este apêndice apresenta as telas que compõem a proposta da plataforma PEACH, organizadas segundo o fluxo de uso do sistema. As figuras a seguir ilustram a interface do usuário e os principais componentes funcionais utilizados no processo de avaliação de jogos educacionais.

A plataforma PEACH segue um fluxo orientado a tarefas, estruturado em seis etapas principais:

1. **Tela Inicial**: apresentação da plataforma e acesso à funcionalidade de iniciar nova avaliação.
2. **Seleção de Dimensões Avaliativas**: escolha das dimensões que serão analisadas (Aprendizagem Multimídia, Game Design Educacional e UX/UI Design).
3. **Tela de Avaliação**: preenchimento dos itens de cada categoria, incluindo escalas, observações e confirmação da aplicabilidade dos princípios.
4. **Relatório Geral**: visão consolidada dos resultados, contendo pontuação geral, progresso, gráficos e quantitativos de problemas e acertos.
5. **Pontos de Revisão**: listagem dos itens problemáticos e bem avaliados, com sugestões automáticas.
6. **Relatórios Detalhados**: visualização de gráficos e análises aprofundadas para cada dimensão.
7. **Comentários do avaliador**: apresenta o total de comentários, itens corrigidos e pendentes, e a lista detalhada de observações registradas pelo avaliador, organizadas por dimensão, princípio e status.

As seguir são exibidas as telas correspondentes a cada etapa do fluxo.



Figura 37 – Tela inicial da plataforma PEACH, exibindo o botão para iniciar uma nova avaliação.



Figura 38 – Seleção das dimensões avaliativas que compõem o relatório PEACH.

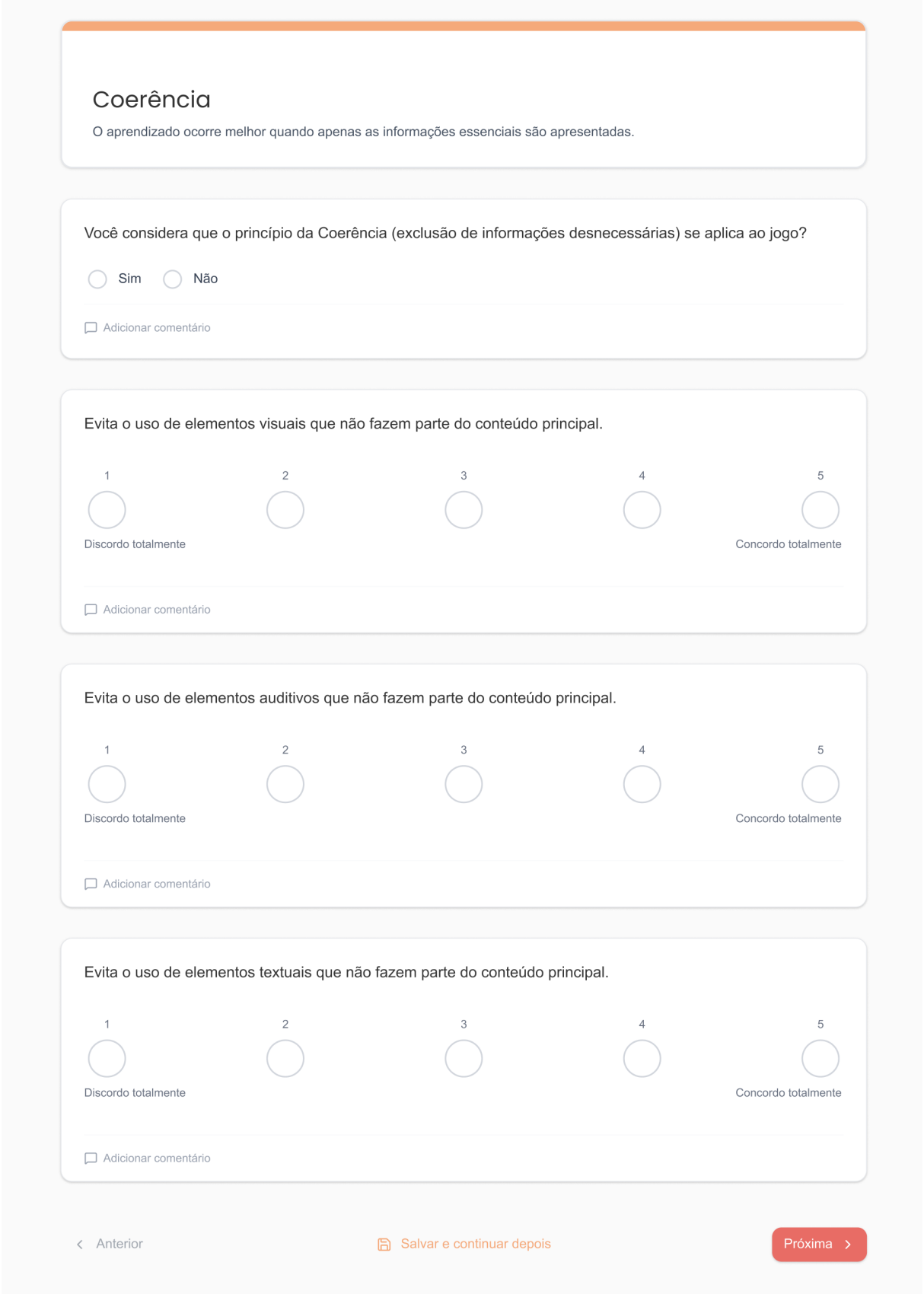


Figura 39 – Tela de avaliação dos itens. Cada princípio apresenta escalas de 1 a 5, campo para observações e indicação da aplicabilidade ao jogo.

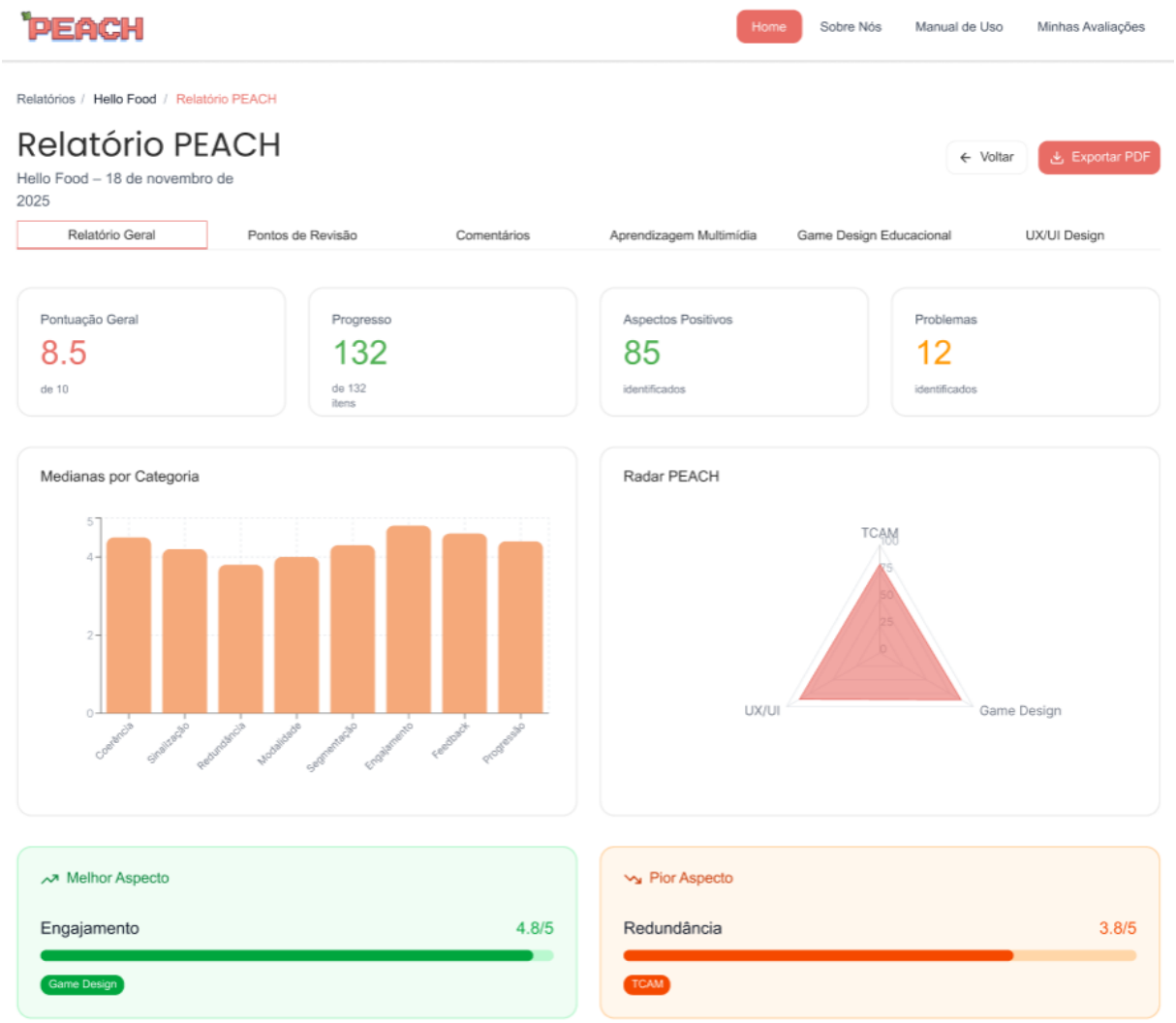


Figura 40 – Relatório Geral gerado após a conclusão da avaliação. Inclui pontuação consolidada, progresso, aspectos positivos, problemas e gráficos de distribuição.

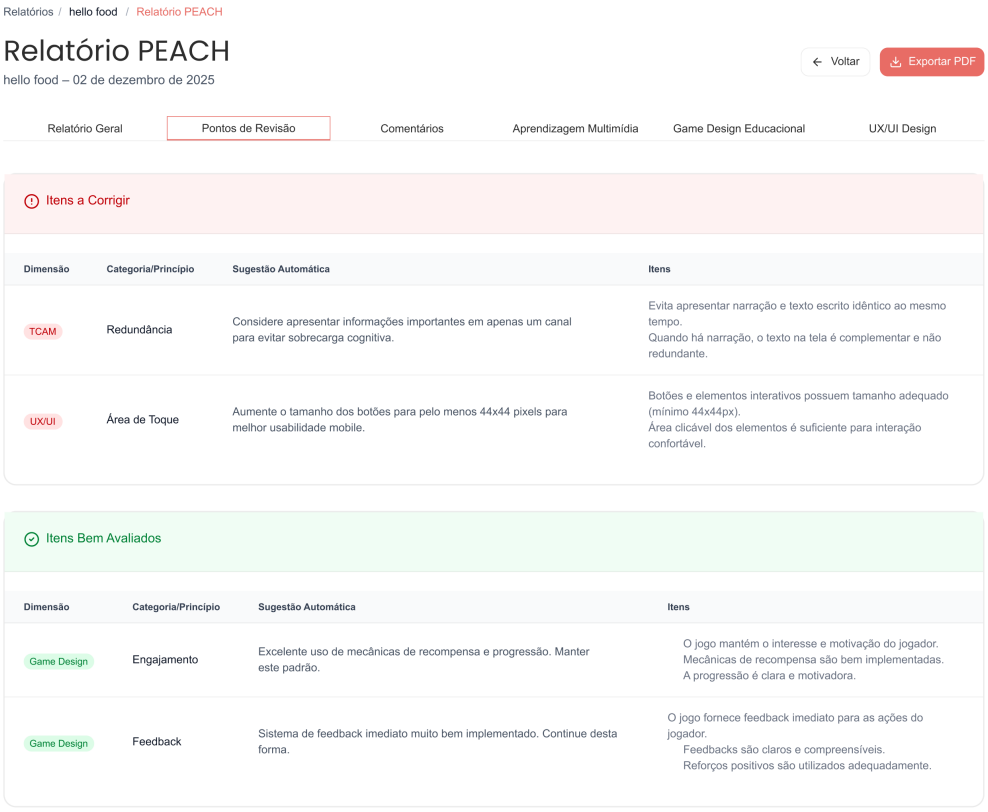


Figura 41 – Tela de Pontos de Revisão, apresentando sugestões automáticas, itens problemáticos e itens bem avaliados.

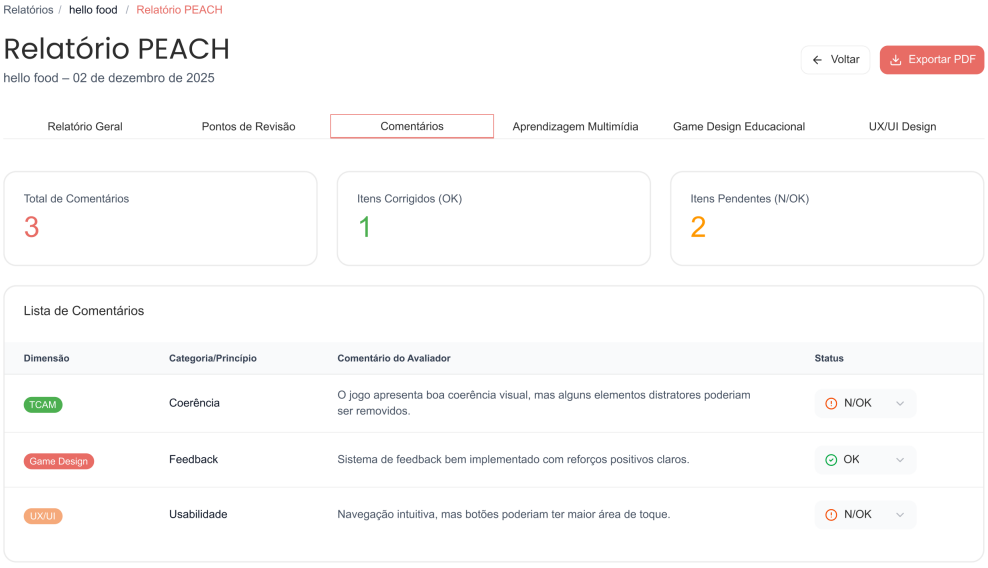


Figura 42 – Tela de Comentários da avaliação.

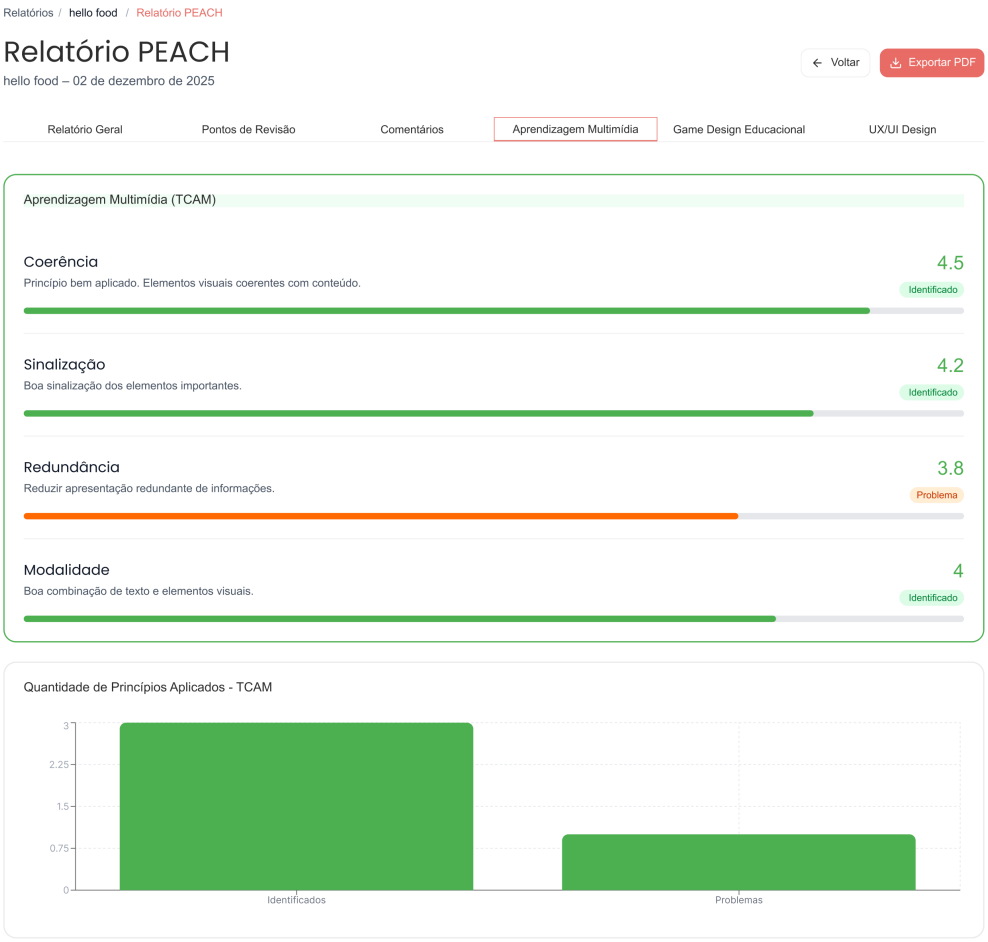


Figura 43 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para Aprendizagem Multimídia.

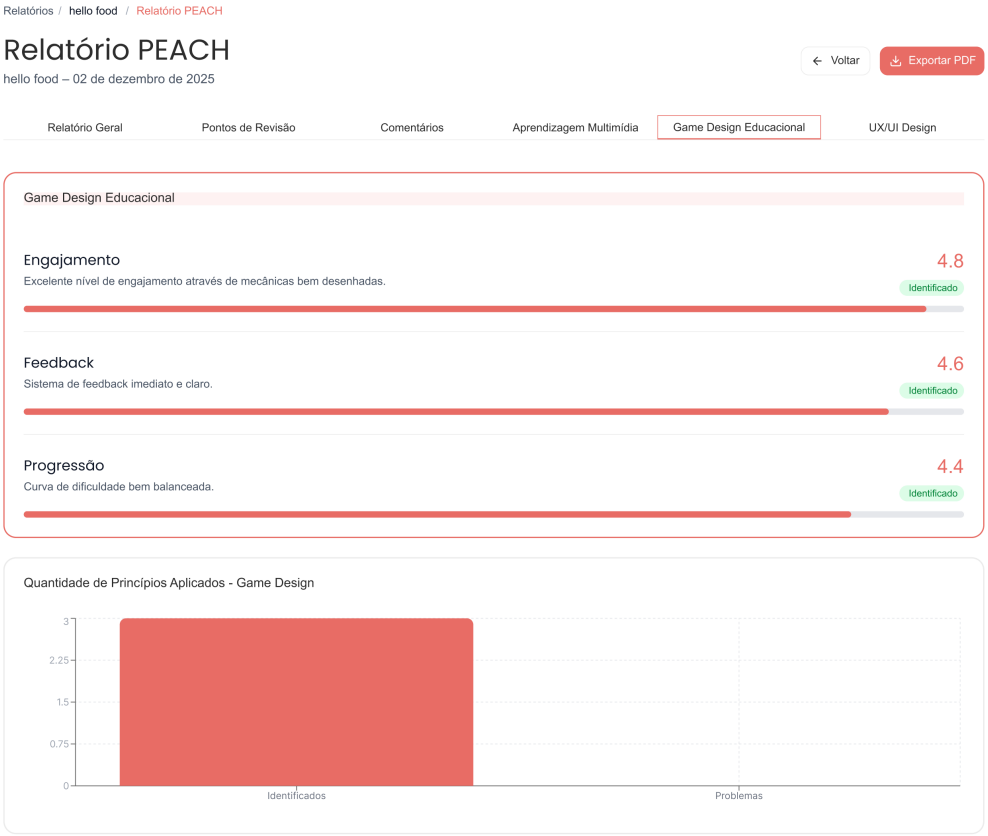


Figura 44 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para Game Design Educacional.

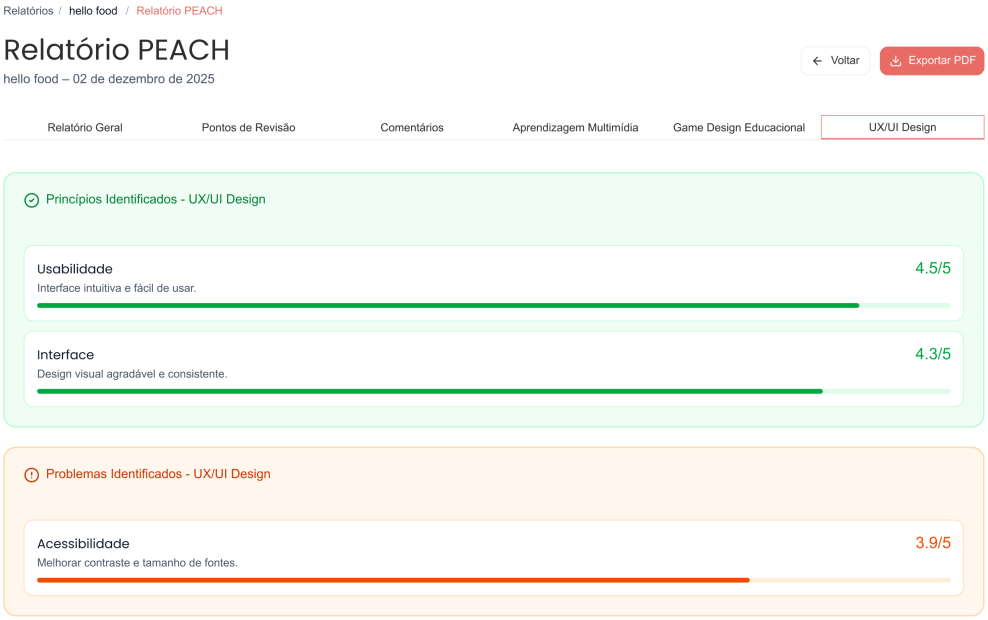


Figura 45 – Relatórios detalhados por dimensão, contendo gráficos específicos para UX/UI Design.