

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Jogo Educativo para Reforço de Conceito de Ponteiros

Gabriel Pereira Senra Soares

JUIZ DE FORA
JANEIRO, 2026

Jogo Educativo para Reforço de Conceito de Ponteiros

GABRIEL PEREIRA SENRA SOARES

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: Marcelo Caniato Renhe

JUIZ DE FORA
JANEIRO, 2026

JOGO EDUCATIVO PARA REFORÇO DE CONCEITO DE PONTEIROS

Gabriel Pereira Senra Soares

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS
EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, COMO PARTE INTE-
GRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

Marcelo Caniato Renhe
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação

Igor de Oliveira Knop
Doutor em Modelagem Computacional

Luciano Jerez Chaves
Doutor em Ciência da Computação

JUIZ DE FORA
15 DE JANEIRO, 2026

*À minha família e amigos
Aos meus pais, pelo apoio e sustento.*

Resumo

A evasão em disciplinas introdutórias de programação é um problema recorrente nos cursos de graduação na área de computação. Esse fenômeno é, em grande parte, causado pelas dificuldades iniciais que os estudantes enfrentam, o que pode gerar desmotivação. Uma estratégia para melhorar o engajamento dos alunos é o uso de jogos educativos, na tentativa de aumentar o interesse de parte dos discentes. Diversos trabalhos na literatura usam jogos para apoiar o ensino de programação básica e estruturas de dados, porém poucos abordam determinados conceitos de programação mais avançados. Este trabalho apresenta o jogo **CONNECT**, que foi desenvolvido com o objetivo de reforçar o ensino de ponteiros, um conceito considerado complexo por muitos na programação. A proposta é integrar de forma lúdica o aprendizado técnico, criando um ambiente mais envolvente e estimulante para os alunos. Para a avaliação do jogo, foi utilizada a ferramenta LORI, um modelo de avaliação de objetos de ensino, adaptada para a experiência de alunos e professores com jogos educativos. Os resultados obtidos indicaram boa aceitação por parte dos participantes, com destaque em motivação e usabilidade.

Palavras-chave: ensino de ponteiros, ensino de programação, jogo educativo, engajamento estudantil.

Abstract

Evasion in introductory programming courses is a recurring issue in undergraduate computer science programs. This phenomenon is largely driven by the initial difficulties students face, which can lead to demotivation. One strategy to enhance student engagement is the use of educational games, aiming to increase interest among a portion of the students. Several studies in the literature use games to support the teaching of basic programming and data structures, however few address programming topics that are somewhat more advanced. The game **CONNECT** was developed with the objective of reinforcing the teaching of pointers, a concept considered complex by many in programming. The proposal is to integrate technical learning in a playful way, creating a more engaging and stimulating environment for students. The game evaluation was conducted with, the LORI tool, an educational object evaluation model, adapted to the students' and teachers' experience with educational games. The results indicated good acceptance by the participants, with highlights in motivation and usability.

Keywords: pointers education, programming education, educational game, student engagement.

Agradecimentos

Aos meus familiares, pelo apoio constante e incentivo na busca pelos meus sonhos. À minha namorada, pelo amor, apoio e tornar essa vida mais bonita. Aos meus amigos, pelos momentos compartilhados de aprendizado e descontração, que tornaram essa caminhada mais enriquecedora.

Ao professor Marcelo pela orientação, amizade e principalmente, pela paciência, sem a qual este trabalho não se realizaria.

Aos professores do Departamento de Ciência da Computação pelos seus ensinamentos e aos funcionários do curso, que durante esses anos, contribuíram de algum modo para o nosso enriquecimento pessoal e profissional.

Conteúdo

Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
Lista de Abreviações	9
1 Introdução	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Organização do trabalho	12
2 Fundamentação Teórica	13
2.1 Ensino de programação	13
2.2 Jogos Educativos	14
2.3 Metodologia Lori	15
2.3.1 Critérios do Lori	16
3 Revisão Bibliográfica	18
3.1 Jogos voltados ao ensino de Estrutura de Dados	18
3.2 Jogos focados em ponteiros	22
3.3 Discussão	23
4 Desenvolvimento	26
4.1 Descrição do Jogo	26
4.2 Estrutura e Capítulos	27
4.3 Processo de Desenvolvimento	33
4.4 Decisões de Implementação	33
5 Avaliação e Resultados	36
5.1 Formulário de Avaliação	36
5.1.1 Estrutura do Formulário	36
5.2 Roteiro de Aplicação da Avaliação	37
5.2.1 PÚblico-alvo	37
5.2.2 Procedimentos de Aplicação	38
5.3 Análise dos resultados da Avaliação Piloto	39
5.4 Análise dos resultados da Avaliação Final	40
5.4.1 Qualidade do conteúdo	41
5.4.2 Alinhamento com os Objetivos de Aprendizagem	41
5.4.3 Feedback e Adaptação	42
5.4.4 Motivação	42
5.4.5 Design de Apresentação	44
5.4.6 Usabilidade da Interação	44
5.4.7 Acessibilidade	45
5.4.8 Cumprimento de Padrões Técnicos	46
5.4.9 Resultados qualitativos	46
5.5 Análise dos resultados da avaliação com docentes	47
5.6 Ameaças à validade	48

6 Conclusão	50
Bibliografia	52

Lista de Figuras

4.1	Visual das mecânicas existentes no jogo CONNECT	27
4.2	Captura de tela de uma das fases iniciais do jogo	29
4.3	Efeito visual de ponteiro não inicializado	29
4.4	Efeito visual da incompatibilidade de tipos entre Terminal e Máquina	30
4.5	Captura de tela da fase inicial do Capítulo 4	31
4.6	Captura de tela da apresentação da Zona de Alocação.	32
4.7	Captura de tela da primeira fase do Capítulo 6.	32
4.8	Diagrama de classes ilustrando os relacionamentos entre os principais componentes do jogo.	34
4.9	Diagrama ilustrando situações que podem ser atribuídas a Terminais.	34
5.1	Termo de anuênciia apresentado aos participantes.	40
5.2	Gráfico dos resultados de Qualidade de Conteúdo.	41
5.3	Gráfico dos resultados de Alinhamento com os Objetivos de Aprendizagem.	42
5.4	Gráfico dos resultados de Feedback e Adaptação.	43
5.5	Gráfico dos resultados de Motivação.	43
5.6	Gráfico dos resultados de Design e Apresentação.	44
5.7	Gráfico dos resultados de Usabilidade da Interação.	45
5.8	Gráfico dos resultados de Acessibilidade.	46
5.9	Gráfico dos resultados de Cumprimento de Padrões Técnicos.	47

Lista de Tabelas

4.1	Tabela dos capítulos do jogo CONNECT	28
4.2	Exemplos de tradução de código.	35
5.1	Resumo dos resultados da Avaliação Piloto (N=21).	39
5.2	Porcentagem média de aceitação observada nas respostas dos professores. .	47

Lista de Abreviações

DCC Departamento de Ciência da Computação

UFJF Universidade Federal de Juiz de Fora

LORI Learning Object Review Instrument

1 Introdução

A área da computação vem se desenvolvendo de forma acelerada. Com o avanço da tecnologia de forma desenfreada e a visibilidade e relevância que a área vem recebendo, cada vez mais pessoas se aventuram na programação. A digitalização de grande parte dos setores socioeconômicos tem aumentado a demanda por profissionais ligados à computação. Como resultado, todos os anos novos profissionais surgem no mercado.

Nesse cenário, as disciplinas iniciais dos cursos de programação desempenham um papel crucial no desenvolvimento de novos programadores. Essas disciplinas são essenciais para fornecer uma base sólida a um profissional competente, sendo responsáveis por introduzir conceitos de pensamento computacional. No entanto, nem sempre o conteúdo apresentado é de fácil entendimento para os discentes, frequentemente resultando em reprovações e desistências, o que constitui um obstáculo para a formação de futuros profissionais (GOMES; JESUS, 2010).

Essas dificuldades, entretanto, podem ser enfrentadas com abordagens que incentivem o aprendizado ativo, a experimentação e a resolução de problemas (DICHEVA et al., 2016). A adoção de metodologias ativas pode minimizar esses desafios, pois coloca o aluno como o protagonista de seu próprio processo de aprendizagem (LOVATO; MICHELOTTI; LORETO, 2018).

Jogos educativos têm sido alvo de diversos pesquisadores como ferramenta facilitadora da aprendizagem, como Boller e Kapp (2018) e Mawas et al. (2022), seja de forma integral ou como reforço de conhecimentos adquiridos por outros meios. O estudo conduzido por Rojas-Salazar, Ramírez-Alfaro e Haahr (2021) destaca que os jogos educacionais são eficazes em transformar tópicos tradicionalmente difíceis em experiências envolventes. Assim, a busca por melhorar a motivação e a aprendizagem de alunos de programação, através de uma experiência lúdica e divertida que seja ao mesmo tempo eficaz, enseja a construção de ferramentas capazes de contribuir nesse contexto. Porém, muitos desses jogos concentram-se apenas em conceitos introdutórios de lógica de programação, deixando de abordar outros tópicos de não menos essenciais para a compreensão aprofundada da

área.

O conceito de ponteiros é frequentemente apontado pelos alunos como um assunto bastante complexo, o que se reflete em baixos índices de desempenho e compreensão. Observa-se, no entanto, uma carência de trabalhos que abordem de forma específica o ensino de ponteiros por meio de jogos educativos. Embora existam vários trabalhos voltados para o ensino de diferentes estruturas de dados, como listas, pilhas, filas e árvores, os ponteiros, que são comumente usados em implementações dessas mesmas estruturas, não são encontrados com frequência em trabalhos do gênero. Diante desse cenário, torna-se relevante investigar se o uso de jogos educativos pode de alguma forma tornar o processo de aprendizagem de ponteiros mais interessante e motivador para os alunos.

No âmbito da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), o conceito de ponteiros é introduzido na disciplina de segundo período Algoritmos II. Os resultados de avaliações semestrais da disciplina corroboram a percepção de professores e alunos quanto à dificuldade de compreensão do tópico. Logo, este trabalho tem como proposta contribuir com o ensino de ponteiros por meio de um jogo educacional que torne o processo de ensino-aprendizagem do assunto mais envolvente, potencialmente auxiliando os alunos a superarem suas dificuldades no entendimento do tema.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um jogo educacional que possa servir de auxílio ao aluno quanto à compreensão do conceito de ponteiros no contexto de programação. Em específico, este trabalho tem como proposta o desenvolvimento de um jogo do gênero *puzzle* com mecânicas que permitam auxiliar na visualização e no entendimento das principais operações com ponteiros. O jogo, intitulado CONNECT, tenta estabelecer uma relação direta entre uma ação no jogo e o que seria seu código equivalente na linguagem C++. O objetivo pedagógico do CONNECT é tornar o aprendizado de ponteiros mais acessível e intuitivo, aproximando o aluno do raciocínio lógico e abstrato por meio da visualização direta dos conceitos. Idealmente, espera-se que, ao interagir com os desafios, a relação entre ação e código seja reforçada, contribuindo para o aprendizado do aluno.

Um segundo objetivo específico deste trabalho é avaliar, por meio do instrumento

LORI (NESBIT; BELFER; LEACOCK, 2009), a aceitação do jogo por discentes e docentes como ferramenta de suporte ao aprendizado, bem como seu potencial como um elemento motivador para a aprendizagem no contexto de programação.

1.2 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado conforme descrito a seguir. No Capítulo 2, as bases teóricas desta monografia são apresentadas e discutidas, com o intuito de situar o conhecimento já existente em relação ao ensino de programação, ao uso de jogos educativos e à metodologia de avaliação escolhida. Em seguida, o Capítulo 3 apresenta a revisão bibliográfica, onde são expostos e analisados estudos alinhados com a temática abordada neste trabalho.

O Capítulo 4 relata o processo de desenvolvimento do jogo, além de contextualizar a narrativa e as mecânicas desenvolvidas. Esse capítulo apresenta o plano de apresentação do conteúdo do jogo por meio de uma estruturação em capítulos, bem como traz as decisões de implementação tomadas. No Capítulo 5, é discutido o processo de avaliação, com a apresentação e a discussão dos resultados obtidos nas duas avaliações realizadas.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta a conclusão deste trabalho.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo tem como objetivo estabelecer a base teórica que sustenta a proposta deste trabalho, explorando os conceitos centrais de metodologia ativa e o uso de jogos no ensino de programação. Através dessa discussão, busca-se compreender como essa abordagem pode ser positiva no aprendizado de alunos e proporcionar uma forma mais dinâmica e interativa de se aprender programação. Primeiramente, é abordado o ensino tradicional de programação, para que se possa entender quais são os desafios enfrentados pelos alunos nesse contexto. Em seguida, discute-se o que são jogos educativos e como a inserção de elementos lúdicos pode ser benéfica ao aprendizado, tornando-o mais dinâmico, acessível, interessante e eficaz, permitindo trabalhar conceitos complexos de forma estimulante e divertida, com *feedback* contínuo e aplicabilidade imediata.

2.1 Ensino de programação

Conforme discutindo na introdução deste trabalho, a programação tem se consolidado como uma das áreas de maior crescimento no mundo, impulsionada pela constante evolução tecnológica e pela transformação digital que atinge todos os setores da sociedade. Como consequência, um número cada vez maior de pessoas busca aprender a programar e se profissionalizar na área. No entanto, por se tratar de uma disciplina relativamente recente no contexto educacional, os métodos de ensino ainda estão em constante desenvolvimento, e os educadores enfrentam o desafio de acompanhar as mudanças e adaptar suas estratégias pedagógicas. Essa realidade é destacada por autores como Prensky (2001), ao afirmar que os estudantes naquela época já eram nativos digitais e demandavam abordagens mais dinâmicas e conectadas, e Brennan e Resnick (2012), que ressaltam a importância do pensamento computacional. Narciso et al. (2024) também aponta para as dificuldades encontradas no processo de aprendizagem tradicional e o potencial da tecnologia na sala de aula.

Esses obstáculos, juntamente com conceitos mais complexos, podem tornar o

aprendizado desafiador para alunos iniciantes, que se deparam com dificuldades contínuas ao precisar desenvolver novas habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico. No entanto, de acordo com Lovato, Michelotti e Loreto (2018), muitos desses desafios poderiam ser minimizados com a adoção de metodologias ativas, onde o aluno é o protagonista de seu próprio processo de aprendizagem, enquanto os professores são mediadores e facilitadores desse processo. Nas palavras dos próprios autores, “suas aplicações permitem o desenvolvimento de novas competências, como a iniciativa, a criatividade, a criticidade reflexiva, a capacidade de autoavaliação e a cooperação para se trabalhar em equipe” (LOVATO; MICHELOTTI; LORETO, 2018).

Adicionalmente, a inserção de elementos lúdicos, com a proposta de impulsionar o interesse, pode estimular o aprendizado e facilitar o entendimento de conceitos complexos, de forma divertida e interativa, criando uma experiência de aprendizado única, incluindo desafios, recompensas, sentimento de progressão e narrativa, transformando o processo de aprendizagem em algo empolgante e motivador, como defendem Eugênio (2020) e Dicheva et al. (2016).

2.2 Jogos Educativos

Jogos educativos são ferramentas lúdicas com finalidade pedagógica que combinam entretenimento e ensino para tornar o processo de aprendizagem mais atrativo e eficiente. Eles podem ser tanto digitais quanto físicos e têm como objetivo estimular competências cognitivas, sociais e motoras, além de contribuir para a assimilação de conteúdos escolares de forma mais leve e envolvente. O uso desses jogos está alinhado com autores como Boller e Kapp (2018), que definem jogos educativos como experiências completas com propósito educacional, e Eugênio (2020), que destaca o papel dos jogos como instrumentos eficazes para engajamento e ensino. McGonigal (2011) é outro autor que defende o potencial transformador dos jogos para promover habilidades e motivação no mundo real. Ao contrário dos jogos convencionais, esses jogos possuem um objetivo educativo bem definido, e sua proposta é transformar conteúdos complexos em experiências acessíveis, interessantes e práticas (LARA et al., 2023).

Por outro lado, é importante diferenciar jogos educativos da gamificação. De

acordo com Dantas et al. (2022), embora ambos utilizem elementos dos jogos, jogo educativo e gamificação têm finalidades e estruturas distintas. Um jogo educativo é uma experiência de jogo completa, com todos os componentes que caracterizam um jogo tradicional, com objetivos claros, regras, desafios, interação e *feedback*, mas com uma intenção principal que vai além do entretenimento. Já a gamificação consiste em usar partes dessas estruturas dos jogos (como pontos, *rankings*, recompensas, etc.) em contextos que não são jogos, como aulas ou ambientes de trabalho, com o objetivo de motivar e engajar. Ou seja, a gamificação não se constitui em um jogo completo, mas sim insere mecanismos lúdicos para tornar uma atividade mais atrativa e eficaz. Outra forma de diferenciar é que o jogo educativo cria uma experiência própria, com começo, meio e fim, enquanto a gamificação é uma camada que se aplica sobre uma atividade já existente.

No contexto da educação em programação, o uso de jogos tem se mostrado uma estratégia promissora. Muitos estudantes têm dificuldade em aprender estruturas de dados e lógica de programação, principalmente por se tratar de disciplinas com um grau maior de dificuldade. Segundo Dicheva et al. (2016), essas dificuldades podem ser enfrentadas com abordagens que incentivam o aprendizado ativo, a experimentação e a resolução de problemas. A ideia é que, ao jogar, o aluno se engaje mais, erre, teste, aprenda com o erro e, acima de tudo, participe ativamente do processo de aprendizagem.

2.3 Metodologia LORI

O *Learning Object Review Instrument* (LORI) (NESBIT; BELFER; LEACOCK, 2009) é um instrumento de avaliação criado originalmente pelo E-Learning Research and Assessment Network (eLera). Desenvolvido por John Nesbit, Karen Belfer e Tracey Leacock, o LORI surgiu como resposta à necessidade de avaliar sistematicamente a qualidade de objetos de aprendizagem digitais, um termo que abrange desde simples imagens e textos explicativos até simulações interativas e jogos educacionais completos.

De acordo com Nesbit, Belfer e Leacock (2009), o LORI define oito dimensões principais de qualidade, que devem ser pontuadas em uma escala de 1 a 5, com a possibilidade de marcar “não aplicável” quando o critério não se adequa ao, neste caso, software avaliado. Esses critérios abrangem aspectos fundamentais para a eficácia de um software

de aprendizagem, incluindo tanto dimensões instrucionais quanto elementos técnicos e de design. Assim, o instrumento permite avaliar o equilíbrio entre precisão conceitual (neste trabalho, isso se traduz na analogia das mecânicas presentes no jogo com as características de ponteiros), clareza pedagógica e envolvimento do jogador, aspectos que são desejáveis para a utilização de um jogo como ferramenta de ensino.

Os critérios do Lori foram originalmente desenvolvidos para que professores, principalmente, pudessem avaliar um objeto educacional. Contudo, no presente trabalho, eles foram adaptados para avaliações realizadas também pelos próprios alunos, além dos professores. Alguns trabalhos também utilizaram esta metodologia adaptada para alunos, como é o caso de Akpinar (2008) e Romero H J Romero (2021).

2.3.1 Critérios do Lori

Como definido por Nesbit, Belfer e Leacock (2009), a primeira dimensão é a **qualidade do conteúdo**, que analisa a precisão, apresentação das ideias e a profundidade das informações apresentadas, bem como a adequação do nível de detalhe para o público-alvo. Um objeto de aprendizagem deve oferecer conteúdo livre de erros e com clareza conceitual, evitando omissões ou simplificações que possam distorcer o entendimento.

A segunda dimensão é o **alinhamento com os objetivos de aprendizagem**, que avalia se as atividades, avaliações e o conteúdo estão devidamente conectados aos objetivos pedagógicos declarados.

O terceiro critério é o de **feedback e adaptação**, que considera o grau em que o recurso é capaz de reagir às ações do, neste caso, jogador, fornecendo respostas personalizadas ou adaptando o conteúdo conforme o desempenho do usuário. Essa dimensão é particularmente relevante em jogos educativos, onde o *feedback* imediato e contextualizado é desejável para a aprendizagem.

A quarta dimensão, **motivação**, avalia a capacidade do objeto de despertar o interesse, engajamento e curiosidade nos alunos. Isso inclui o uso de estratégias de gamificação, desafios progressivos, humor, elementos narrativos e lúdicos. No caso de jogos educacionais, este pode ser visto como um dos pontos de maior destaque, pois a motivação pode influenciar diretamente a permanência do jogador e seu envolvimento com

sua aprendizagem.

As demais dimensões estão mais atreladas a características técnicas do objeto em si. O **design de apresentação** trata da forma como as informações são organizadas visualmente e auditivamente. A **usabilidade da interação** se refere à facilidade de navegação, previsibilidade das ações e consistência da interface. A dimensão de **acessibilidade** diz respeito à capacidade do software de atender às necessidades de usuários com diferentes habilidades e condições de acesso. Por fim, o **cumprimento de padrões técnicos** avalia a adesão aos padrões internacionais e operabilidade em plataformas técnicas comumente usadas. No contexto deste trabalho, essas duas últimas dimensões foram adaptadas para verificar se o software funciona corretamente nas plataformas disponíveis e mantém estabilidade durante o uso.

3 Revisão Bibliográfica

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão da bibliografia a respeito do uso de jogos educativos para o ensino de ponteiros ou outros tópicos próximos a este. Há diversos trabalhos voltados para o ensino de programação básica. No entanto, optou-se pelo enfoque em trabalhos diretamente ligados a ponteiros ou associados com o ensino de estruturas de dados, em que ponteiros costumam assumir um papel relevante.

3.1 Jogos voltados ao ensino de Estrutura de Dados

O uso de jogos para o ensino de algoritmos e programação tem atraído atenção crescente como uma abordagem inovadora para enfrentar os desafios de aprendizado em áreas tecnológicas. Conforme Shabanah et al. (2010), o uso de jogos de computador para visualizar algoritmos representa uma maneira eficaz de tornar conceitos abstratos mais compreensíveis. Esses jogos oferecem simulações que demonstram visualmente o comportamento de algoritmos, permitindo aos alunos explorarem a lógica e as operações passo a passo. A pesquisa enfatiza que, além de fornecer uma experiência visual, os jogos envolvem os alunosativamente, o que é essencial para a retenção do aprendizado.

Karavirta e Hakulinen (2012) exploraram uma abordagem diferenciada, utilizando jogos com sensores de movimento, como acelerômetros, para ensinar fundamentos de Ciência da Computação. A pesquisa destaca que a integração de interações físicas torna o aprendizado mais dinâmico e atraente. Os jogos permitiram que os alunos manipulasssem conceitos abstratos de maneira tangível, promovendo engajamento e melhorando a retenção de conhecimento, especialmente em tópicos que tradicionalmente enfrentam barreiras de abstração.

Kaur e Ganesan (2015) desenvolveram um jogo interativo que une teoria e prática para o ensino de estruturas de dados. Esse jogo, baseado na resolução de desafios e exploração de conceitos, proporciona aos alunos a oportunidade de experimentar diretamente as aplicações práticas de suas aprendizagens. O jogo divide o conteúdo em fases,

sendo elas relacionadas a vetores, pilhas, filas e árvores binárias. O aluno precisa cumprir os objetivos anteriores para avançar para os próximos. Cada fase é um desafio relacionado a um conteúdo e o processo de resolução é diferente em cada uma delas. Segundo os autores, a interatividade do jogo, combinada com sua estrutura colaborativa, encorajou os alunos a desenvolverem uma compreensão mais profunda, enquanto se beneficiavam de um ambiente lúdico e envolvente.

Em 2016, dois estudos muito interessantes foram apresentados. O SORTIA 2.0, apresentado por Battistella et al. (2016), é um exemplo marcante de como jogos podem ser usados para ensinar algoritmos de ordenação. Este jogo permite que os alunos pratiquem o algoritmo Heapsort em um ambiente simulado, acompanhando suas etapas de execução. Os resultados da pesquisa mostram que o SORTIA 2.0 contribuiu significativamente para o aumento da confiança dos alunos no aprendizado, ao mesmo tempo em que promoveu um interesse renovado por estruturas de dados, demonstrando que jogos podem complementar métodos de ensino tradicionais. Já o estudo de Dicheva et al. (2016) descreve o desenvolvimento de um jogo educacional voltado para o ensino de estruturas de dados, com foco na pilha. O jogo busca engajar os alunos por meio de desafios progressivos e tarefas interativas que abrangem os três aspectos principais do aprendizado de pilhas: compreensão do conceito, uso e implementação. A narrativa do jogo envolve um robô que enfrenta obstáculos em sua jornada de volta para casa, resolvendo problemas relacionados a pilhas para avançar. O jogo integra *feedback* imediato, suporte a experimentação ativa e um tutorial detalhado que se adapta às necessidades do jogador.

Posteriormente, Dicheva e Hodge (2018) abordaram o ensino de estruturas de dados por meio de um jogo que integra aprendizado ativo e desafios práticos. O jogo é dividido em três partes que auxiliam o jogador a entender melhor os conceitos de pilha resolvendo *puzzles*, e nele o jogador controla um robô que teve sua nave destruída em um acidente e precisa passar por obstáculos para voltar para casa. Estes obstáculos envolvem resolver problemas relacionados a pilhas para destrancar portas e, a cada fase, o nível de dificuldade aumenta. A pesquisa conclui que jogos educativos não apenas tornam o aprendizado mais interativo, mas também ajuda os alunos a desenvolverem habilidades práticas, como a implementação de algoritmos e a depuração de código. Esses jogos têm

um impacto positivo na retenção do conteúdo, permitindo aos estudantes aplicarem os conceitos em contextos reais.

Ramle et al. (2020) introduziram uma abordagem inovadora para o ensino de algoritmos de travessia de grafos, como busca em largura e profundidade. O jogo utiliza *prompts* de perguntas para estimular a reflexão dos alunos, encorajando-os a aplicar o conhecimento em situações práticas. De acordo com a pesquisa, os alunos que utilizaram essa abordagem mostraram melhorias significativas em seu desempenho acadêmico e em sua compreensão dos conceitos.

O jogo DS-Hacker, descrito no estudo de Rojas-Salazar, Ramírez-Alfaro e Haahr (2021), é um exemplo notável de como jogos podem ser utilizados para ensinar árvores binárias. Esse jogo incorpora atividades práticas, como percursos e inserção de nós, que ajudam a traduzir conceitos abstratos em interações tangíveis, e para alcançar o aprendizado das estruturas de árvores binárias de busca, DS-Hacker usa de uma analogia entre esta estrutura de dados e a estrutura do ambiente do jogo. No jogo, as salas do labirinto representam os nós de uma árvore binária, os corredores que ligam as salas representam as ligações que apontam para outros nós, o ID da sala representa a chave de comparação e as informações armazenadas em cada sala representam os valores associados a cada nó. Somado a isso, o labirinto é estruturado seguindo a propriedade de uma árvore binária de busca.

Šuníková, Kubincová e Byrtus (2022) desenvolveram um jogo móvel para ensinar árvores AVL, focando em operações como balanceamento e inserção. O estudo destaca que o formato para dispositivos móveis do jogo, combinado com atividades interativas, atraiu mais alunos para a prática dos conceitos. Os testes realizados mostraram que o jogo aumentou a motivação dos estudantes e facilitou a internalização dos tópicos ensinados.

Cai, Yao e Cao (2022) exploraram o uso de visualizações interativas em jogos para ensinar algoritmos de ordenação. Eles argumentam que as representações gráficas ajudam os alunos a entenderem melhor as operações dos algoritmos, ao mesmo tempo em que tornam o processo mais interessante e envolvente. Essa abordagem é especialmente eficaz para tópicos onde a visualização desempenha um papel crucial no aprendizado.

Além de representações gráficas, Barbosa et al. (2023) argumenta que jogos edu-

cativos, assim como a gamificação e o *storytelling*, possuem potencial para transportar os alunos para uma “dimensão fictícia”, onde podem aprender conceitos e tarefas de forma lúdica. O protótipo apresentado demonstrou que a narrativa de jogo facilita a compreensão de conceitos de estruturas como pilhas, filas, árvores e grafos, por meio de interações imersivas, com boa receptividade dos alunos, promovendo maior engajamento e assimilação de conceitos. Esse estudo pode reforçar a eficácia de integrar elementos lúdicos e narrativos no ensino de disciplinas tecnológicas.

Hainey e Baxter (2024) em um estudo mais recente, investigou o desenvolvimento de um jogo voltado para o ensino de programação em nível superior. CODE: S.P.A.C.E é definido como um jogo educativo do gênero *puzzle* que aborda desde a programação básica até conceitos mais complexos, com um capítulo voltado para todo o conteúdo de estruturas de dados. De acordo com os autores, os alunos relataram que determinados conceitos foram mais fáceis de entender do que outros, como foi o caso de *arrays* e pilhas. Na avaliação realizada, os resultados apontaram para uma menor eficácia no ensino de estruturas como árvores binárias, filas de prioridade, heaps e vetores de bits.

Esse jogo foi projetado para consolidar conhecimentos iniciais e preparar os alunos para avaliações formais. Os autores destacaram que, ao integrar jogos educativos no processo de aprendizado, foi possível aumentar o engajamento e o desempenho acadêmico, especialmente em disciplinas que apresentam altas taxas de abandono.

Mesmo com tantos estudos apontando que jogos educativos e abordagens lúdicas oferecem vantagens como maior engajamento, aprendizado adaptativo e desenvolvimento de habilidades críticas, um mapeamento sistemático conduzido por Genesio et al. (2024) mostrou que existem poucos jogos educacionais digitais para apoio ao ensino de estrutura de dados e, geralmente, formas de inclusão e acessibilidade são frequentemente ignoradas. O trabalho identificou que tópicos com árvores, pilhas e filas são os mais abordados, enquanto outros temas são menos explorados. O estudo destaca a importância de critérios rigorosos de avaliação e a necessidade de maior diversidade e acessibilidade nos jogos, propondo novas abordagens para preencher lacunas no ensino de estruturas de dados.

3.2 Jogos focados em ponteiros

O jogo Path Finding (SENTURK et al., 2012) foi criado com o objetivo de ensinar ponteiros de forma visual e interativa, através de uma representação de uma tabela com endereços, nomes e valores das variáveis, simulando a memória do computador, onde o jogador pode posicionar as variáveis na tabela através de um sistema de arrastar e soltar, além de poder alterar os nomes e valores de cada uma delas. Para avaliar sua eficácia, foi realizado um experimento com 70 estudantes de Ciência da Computação, divididos em três grupos: um utilizou métodos tradicionais com exercícios em papel, outro utilizou uma plataforma de tutoria online, e o terceiro interagiu com o jogo. Todos os grupos passaram por um pré-teste e um pós-teste com perguntas relacionadas aos conceitos de ponteiros. Os resultados mostraram que o grupo que utilizou o jogo obteve um desempenho significativamente melhor no pós-teste, o que indica que a ferramenta foi eficaz na melhoria da compreensão do conteúdo. Além disso, foi aplicado um questionário de avaliação subjetiva, no qual os estudantes relataram uma boa experiência de uso, destacando a clareza, a interatividade e o engajamento proporcionados pelo jogo.

O jogo If Memory Serves (MCGILL et al., 2018) também teve como foco o ensino de ponteiros, mas utilizou uma abordagem baseada em narrativa interativa. Os estudantes enfrentavam desafios sequenciais que envolviam conceitos como alocação dinâmica de memória e ponteiros duplos. A avaliação do jogo foi feita com uma amostra de 14 alunos de graduação que jogaram um protótipo e, em seguida, participaram de entrevistas semiestruturadas. A análise qualitativa dos relatos revelou que os participantes conseguiram visualizar melhor os conceitos abstratos por meio das metáforas utilizadas no jogo, além de se manterem mais engajados com a atividade. Apesar da amostra reduzida, os resultados indicaram que o jogo contribuiu para uma melhor compreensão e retenção dos conteúdos, além de promover discussões colaborativas entre os estudantes.

O jogo Perobo, descrito no artigo de Yassine et al. (2017), foi projetado para ensinar a linguagem C com foco específico em ponteiros. A proposta do jogo envolvia fases com desafios progressivos e *feedback* imediato, criando uma experiência prática e motivadora para o aluno. A avaliação foi conduzida com 49 estudantes, que participaram de um pré-teste antes de utilizar o jogo, jogaram por quatro horas e, posteriormente,

realizaram o mesmo teste como forma de pós-avaliação. Um grupo de controle, que não teve acesso ao jogo, também foi avaliado para fins de comparação. Os resultados apontaram uma melhora significativa no desempenho dos estudantes que utilizaram o “Perobo”, enquanto o grupo de controle apresentou pouca variação. Foi aplicado ainda um questionário com escala Likert para avaliar a percepção dos alunos, cujas respostas indicaram que o jogo era fácil de usar, motivador e eficiente no auxílio à aprendizagem.

Por fim, o estudo de Rajeev e Sharma (2020) avaliou módulos de ensino gamificados que abrangiam ponteiros, listas encadeadas e árvores binárias. A metodologia envolveu a aplicação de testes antes e depois do uso dos módulos, bem como questionários validados estatisticamente para medir fatores como motivação, engajamento e percepção dos estudantes sobre a eficácia do material. Os dados foram analisados por meio de testes estatísticos, garantindo a confiabilidade dos resultados. Os autores também utilizaram o instrumento SMQII (Science Motivation Questionnaire II), que avaliou aspectos como motivação intrínseca, autoeficácia e interesse pela área. Os resultados mostraram um aumento expressivo na motivação dos alunos, bem como uma maior retenção dos conceitos abordados, especialmente quando comparados aos métodos tradicionais de ensino.

Em todos os casos analisados, os jogos educativos voltados ao ensino de ponteiros mostraram resultados positivos tanto na melhora do desempenho acadêmico quanto no aumento do engajamento e da motivação dos alunos. As metodologias de avaliação adotadas nos estudos, que incluíram testes de conhecimento, questionários de percepção e entrevistas, permitiram verificar com clareza os benefícios dessas abordagens no processo de aprendizagem de conteúdos tradicionalmente considerados difíceis na área de programação.

3.3 Discussão

Os jogos educativos têm se mostrado ferramentas poderosas no ensino de conceitos complexos, especialmente em áreas como programação e estruturas de dados. Estudos na literatura destacam diversos aspectos positivos dessa abordagem, como maior engajamento, visualização interativa e retenção de conceitos, elementos essenciais para enfrentar os desafios do aprendizado em disciplinas técnicas. Por exemplo, Shabanah et al. (2010)

apresenta que jogos com representações visuais claras podem tornar conceitos abstratos mais acessíveis, permitindo que os alunos explorem algoritmos de forma interativa e intuitiva. Esse benefício também foi observado no jogo “Path Finding” (SENTURK et al., 2012), que ensina ponteiros utilizando uma simulação da memória do computador. A interatividade promoveu uma experiência rica, onde os alunos puderam manipular diretamente elementos que representavam ponteiros, resultando em um aumento significativo de desempenho em testes.

Outro aspecto amplamente destacado é o papel dos jogos na motivação dos alunos. Segundo Dicheva e Hodge (2018), a gamificação de conceitos como pilhas e filas proporciona maior interesse no aprendizado, o que foi corroborado por If Memory Serves de McGill et al. (2018). Esse jogo utilizou uma narrativa interativa que auxiliou os estudantes a visualizarem melhor conceitos abstratos, como alocação dinâmica e ponteiros duplos, enquanto incentivava a colaboração entre os participantes. Embora a amostra do estudo tenha sido limitada, os resultados qualitativos indicaram melhorias na retenção e compreensão dos conteúdos.

De acordo com a literatura, percebe-se que a utilização de jogos educativos apresenta vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais. Comparando essas ideias com a metodologia proposta neste estudo, podemos concluir que o jogo Path Finding (SENTURK et al., 2012) demonstrou como conceitos abstratos podem ser representados visualmente por meio da simulação da memória do computador, permitindo que os alunos manipulem ponteiros de maneira interativa. É apresentado ao jogador uma tabela com endereços, nomes e valores das variáveis.

Na tabela, o jogador deve localizar os valores fornecidos e posiciona-los no local apropriado e, cada célula de memória possui nome, endereço e valor. O jogador pode trocar o nome de cada uma delas, além de seus valores, seguindo as informações fornecidas pela tabela para atingir o resultado correto, essa operação de posicionamento pode ser efetuada através de um sistema de “drag and drop” e, ao fim, o jogador deverá desenhar setas indicando os ponteiros.

Embora essa abordagem tenha gerado resultados positivos, a metodologia aqui proposta vai além ao oferecer uma representação mais tangível dos conceitos, utilizando

fios e *plugs* interativos para ilustrar visualmente a lógica de apontamentos. Além disso, a integração de um console que exibe comandos em C++ em tempo real proporciona aos estudantes uma conexão prática entre as ações realizadas no jogo e a aplicação dos conceitos na linguagem de programação.

De forma semelhante, o jogo Perobo (YASSINE et al., 2017) utilizou desafios progressivos e *feedback* imediato como estratégias para motivar e engajar os alunos. No entanto, o jogo “Perobo” aborda a linguagem C de forma mais aprofundada e, assim como a metodologia proposta neste estudo, concentra-se exclusivamente no ensino de ponteiros. Essa especialização permite explorar o conceito em maior profundidade, utilizando *puzzles* que desafiam os alunos a compreenderem a lógica por trás de apontamentos, endereços de memória e manipulação de valores.

O estudo de Rajeev e Sharma (2020) sobre módulos gamificados que abrangem tópicos como ponteiros, listas encadeadas e árvores binárias demonstrou como a gamificação pode melhorar a motivação intrínseca e a retenção de conceitos. Embora a proposta deste trabalho seja focada exclusivamente no conceito de ponteiros, ela apresenta potencial para futura expansão modular, permitindo que tópicos mais complexos sejam abordados de forma gradual, favorecendo o desenvolvimento progressivo do aprendizado de estruturas de dados.

Assim, a metodologia proposta combina elementos positivos identificados na literatura, como visualização interativa, desafios progressivos e *feedback* imediato, com uma abordagem inovadora que conecta os conceitos teóricos diretamente à prática da programação em C++. Acredita-se que esse diferencial possa permitir não apenas uma compreensão mais clara do funcionamento de ponteiros, mas também uma aplicação imediata e prática, podendo contribuir para uma experiência de aprendizado mais eficaz e engajante para os estudantes.

4 Desenvolvimento

Este capítulo tem como objetivo apresentar, de forma detalhada, o jogo desenvolvido neste trabalho. São descritos a narrativa do jogo e a sua estruturação, incluindo mecânicas principais e a organização do conteúdo educacional. Além disso, o capítulo expõe o processo de desenvolvimento e a implementação de suas funcionalidades.

4.1 Descrição do Jogo

O jogo CONNECT¹ é um jogo educativo desenvolvido com o objetivo de ensinar ou reforçar o conceito de ponteiros de forma prática e lúdica. A proposta é transformar o aprendizado de um tópico relativamente mais avançado da linguagem C++ em uma experiência interativa e visualmente estimulante.

Ambientado em um mundo *cyberpunk*, o jogador assume o papel de um técnico responsável por restaurar o funcionamento de sistemas e máquinas conectando cabos, *plugs* e terminais. Cada ação dentro do jogo representa uma operação com ponteiros, como declarar, inicializar, atribuir endereços e alterar valores em memória.

Durante a progressão, o jogador enfrenta desafios que simulam situações correspondentes a operações reais com ponteiros. Cada elemento do jogo representa, de forma metafórica, componentes da linguagem de programação:

- Terminal de Acesso: representa um ponteiro, exibindo seu endereço e o valor apontado;
- Máquina: representa uma variável armazenando valores;
- Zona de Alocação: representa um espaço na memória onde o jogador pode alocar novas máquinas;
- Plug e Fiação: representam o ato de apontar para um endereço de memória;

¹Disponível em: <https://gabreu-senra.itch.io/connect>

- T-Plug: simula ações de referência de ponteiros para ponteiros;
- Ponto de Aterramento: simula referência a 'nullptr';
- Console: traduz todas as ações do jogador em código C++, permitindo uma relação direta entre a prática lúdica e o conteúdo teórico.

A jogabilidade consiste em conectar corretamente os terminais às máquinas e executar operações equivalentes ao código em C++, como atribuição de ponteiros, desreferenciação e verificação de tipos. A Figura 4.1 expõe o visual de cada um dos elementos de jogo que permitem as mecânicas apresentadas anteriormente existirem.

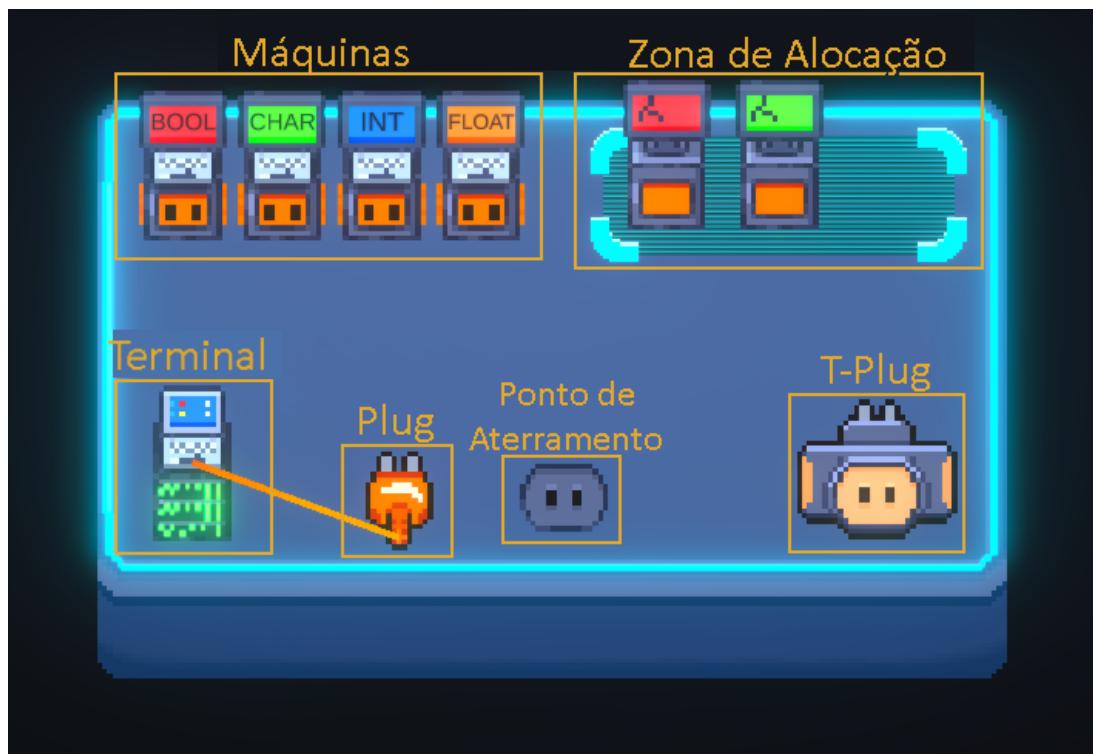


Figura 4.1: Visual das mecânicas existentes no jogo CONNECT

4.2 Estrutura e Capítulos

O jogo possui um sistema de progressão por capítulos, cada um apresentando gradualmente novos conceitos de programação, de modo alinhado ao ensino formal. Cada capítulo possui um número de fases com desafios a serem cumpridos com o conceito relacionado. Foi feita uma divisão em 7 capítulos, onde o capítulo zero foi inserido como um tutorial de movimentação, e cada um dos outros 6 capítulos representam uma parte do conteúdo

de ponteiros. Cada capítulo apresenta de forma gradual novos conceitos da linguagem, seguindo uma sequência pedagógica que acompanha o plano de ensino da disciplina de Algoritmos II da UFJF, começando com fundamentos básicos, como operações elementares de atribuição e acesso indireto, e avançando até o uso de ponteiros para ponteiros e alocação dinâmica de memória. A Tabela 4.1 apresenta, em ordem, cada um dos capítulos do jogo e os conceitos que cada um representa.

Tabela 4.1: Tabela dos capítulos do jogo CONNECT

Capítulo	Tema Principal	Conceitos Ensinados
0	Primeira Ligação	Introdução e movimentação; variáveis e conexões básicas
1	O Segredo dos Fios	Declaração e atribuição de ponteiros
2	Fios Soltos	Ponteiros não inicializados (nullptr)
3	Tipos São Importantes	Compatibilidade entre tipos (int*, float*, etc.)
4	Reprogramando o Valor	Alteração indireta de valores (*p = 99;)
5	Alocação Dinâmica	new, delete e gerenciamento de memória
6	Ponteiro para Ponteiro	Acesso de múltiplos níveis

No Capítulo 1, são introduzidas todas as mecânicas disponíveis para os próximos quatro capítulos, a fim de ambientar o jogador e explicar a analogia de cada uma das ações disponíveis no jogo. A Figura 4.2 é uma captura de tela de uma das fases iniciais. Nela é possível observar três Terminais, três *Plugs* e duas Máquinas, e ter uma breve visualização do funcionamento do Console presente no jogo. O objetivo dessas fases iniciais é justamente familiarizar o jogador com a movimentação e mecânicas básicas do jogo. Cada uma delas segue o mesmo padrão, no qual o jogador precisa conectar todos os *Plugs* da fase em uma Máquina para abrir a porta e seguir em frente.

Em seguida, no Capítulo 2, busca-se alertar o jogador quanto aos perigos de um ponteiro não inicializado, utilizando um efeito visual no Plug não conectado de um Terminal. Na Figura 4.3 é possível visualizar o efeito visual citado, além de ser possível observar o comportamento de um Terminal não conectado no Console. Este efeito visual surge a qualquer momento em que o Plug de um Terminal estiver jogado no chão, sem estar conectado a nada. A proposta é transmitir ao jogador a sensação de que algo não está certo e que ele precisa conectar esse Plug em algum lugar, mesmo que seja a um **ponto de aterrramento**.

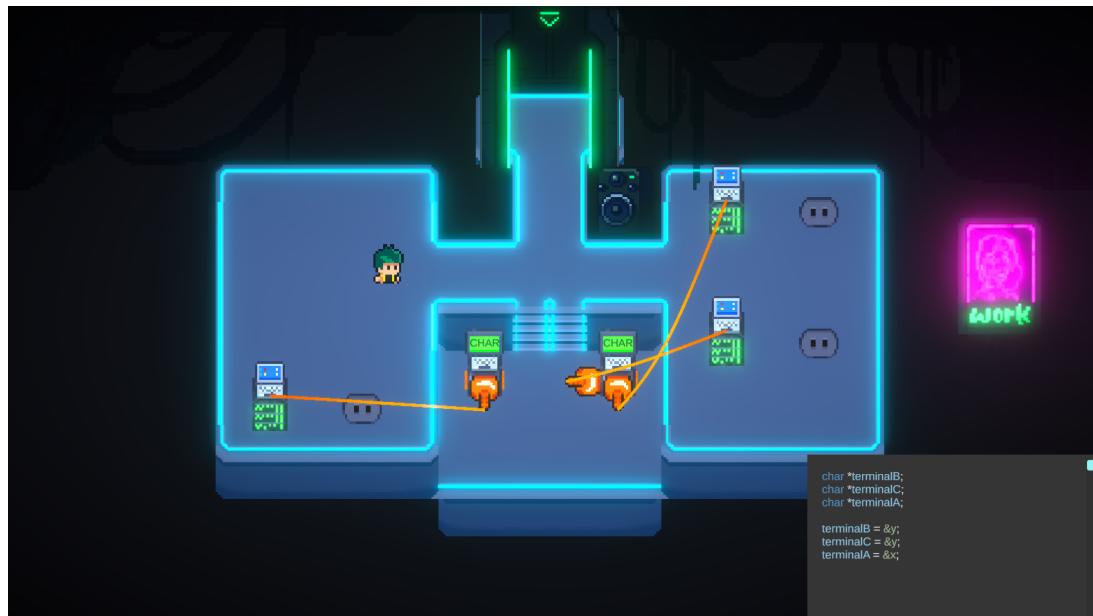


Figura 4.2: Captura de tela de uma das fases iniciais do jogo



Figura 4.3: Efeito visual de ponteiro não inicializado

O Capítulo 3 é responsável por garantir o entendimento de que, assim como em C++, é importante garantir que os tipos dos ponteiros e as variáveis que eles referenciam sejam correspondentes. No jogo, um efeito visual é aplicado ao Terminal caso ele esteja conectado a uma Máquina que possua um tipo diferente do seu. Nesse capítulo, os desafios apresentados ao jogador são de cunho observativo, nos quais a atenção ao Console para a checagem dos tipos dos Terminais é necessária para garantir que a conexão seja feita entre tipos corretos. A Figura 4.4 é uma captura de tela da fase de apresentação do sistema

de tipos. Nela é possível observar o efeito visual de incompatibilidade de tipo em um Terminal.

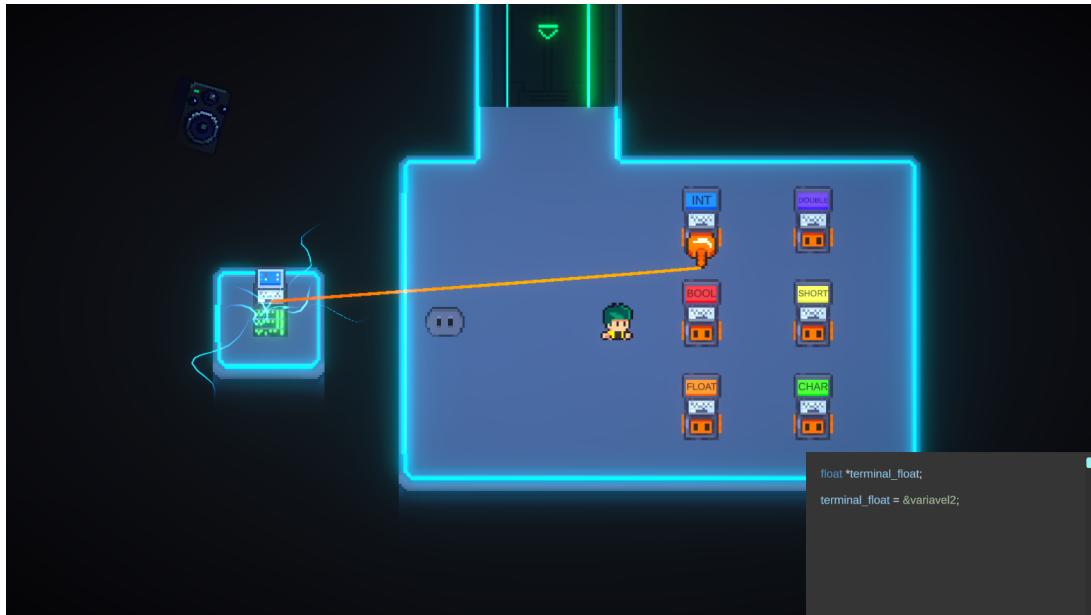


Figura 4.4: Efeito visual da incompatibilidade de tipos entre Terminal e Máquina

A troca de valores através de ponteiros é apresentada no Capítulo 4. A partir deste capítulo, os jogadores precisam resolver problemas um pouco mais complexos que envolvem a troca de valores de Máquinas usando os Terminais disponíveis. Cada uma das fases apresenta uma Tela de Aviso que possui informações importantes sobre os valores de cada Máquina disposta no cenário. Os avisos simulam uma tela azul do Windows, mas sempre com a resposta para o desafio da fase definida em códigos. A Figura 4.5 é uma captura de tela de uma fase do Capítulo 4. Nela é possível observar melhor o funcionamento do Console e a tradução das ações do jogador em código C++. O desafio apresentado é simples: existem três Máquinas que precisam ter seus valores corrigidos para que a porta se abra. O jogador precisa descobrir quais são os valores acessando a Tela de Aviso, para então fazer as conexões corretas e, através do Painel do Terminal, alterar os valores das Máquinas para os valores corretos. Essa premissa é repetida por todas as fases do capítulo 4, porém trocando a quantidade de conexões e valores em cada uma delas.

Os Capítulos 5 e 6 abordam temas um pouco mais complexos do uso de ponteiros, sendo eles a alocação dinâmica e a referência de ponteiro para ponteiro, respectivamente. Nesses capítulos novas mecânicas são introduzidas: a Zona de Alocação e o T-Plug. Cada

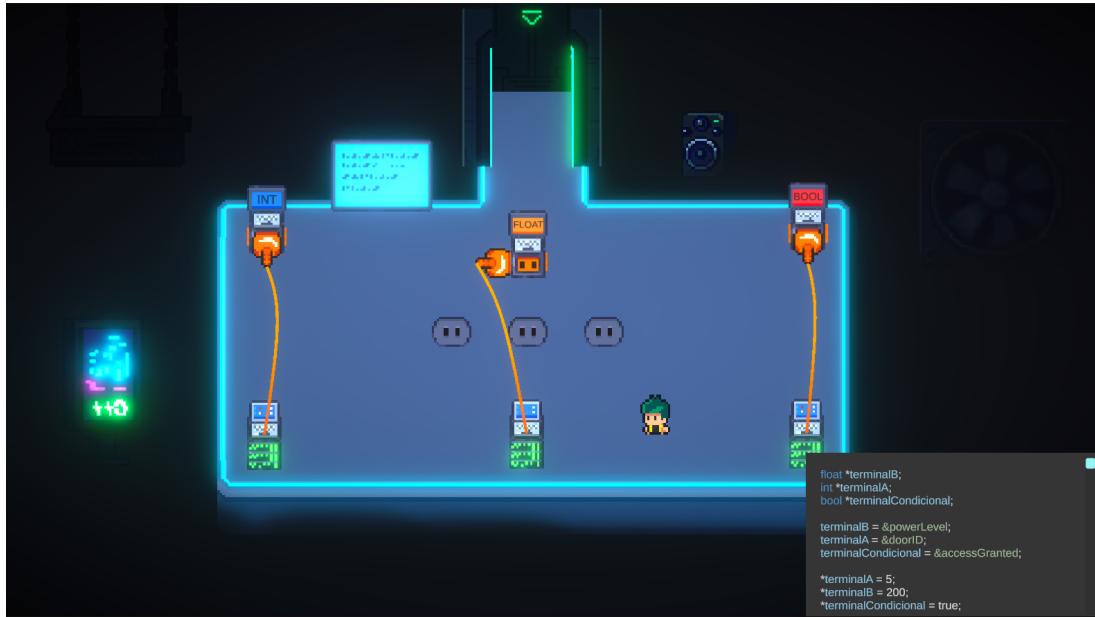


Figura 4.5: Captura de tela da fase inicial do Capítulo 4

uma delas possui um papel essencial para a conclusão dos desafios presentes no jogo, sendo que a Zona de Alocação permite a instanciação de novas Máquinas, enquanto o T-Plug permite que o jogador conecte até três *Plugs* em uma única entrada, seguindo a ordem em que os *Plugs* conectados nas laterais do T-Plug apontam para o Terminal conectado no centro.

Cada uma das fases do Capítulo 5 envolvem alocação dinâmica de memória, usando as Zonas de Alocação como simulação da memória de uma máquina. O objetivo em cada uma das fases é conectar três Terminais específicos à Zona de Alocação para abrir a porta, mas para que isso seja possível, às vezes é necessário desalocar Máquinas através do Terminal para abrir espaço para outros Terminais alocarem dinamicamente. Já no Capítulo 6, são mescladas todas as mecânicas anteriores juntamente com a apresentação dos conceitos de ponteiro para ponteiro. O objetivo dos desafios permanece o mesmo, conectar todos os *Plugs* do cenário. Contudo, o número de *Plugs* agora é maior que o número de Máquinas, sendo necessário o uso dos T-*Plugs* para que cada um dos Terminais aponte para alguma coisa. Assim como em C++, um ponteiro que aponta para outro pode alterar o valor guardado no endereço de memória apontado pelo mesmo, além de ser capaz de ler este endereço. Essa ideia é bastante explorada em uma das fases deste capítulo, onde o jogador precisa conectar um T-Plug com três Terminais conectados a uma Máquina, e acessar cada um dos Terminais para alterar o valor dessa Máquina para, por fim, abrir

a porta. As Figuras 4.6 e 4.7 são capturas de telas das fases iniciais dos capítulos 5 e 6, respectivamente. Nelas é possível observar a Zona de Alocação e também o T-Plug e seu funcionamento.

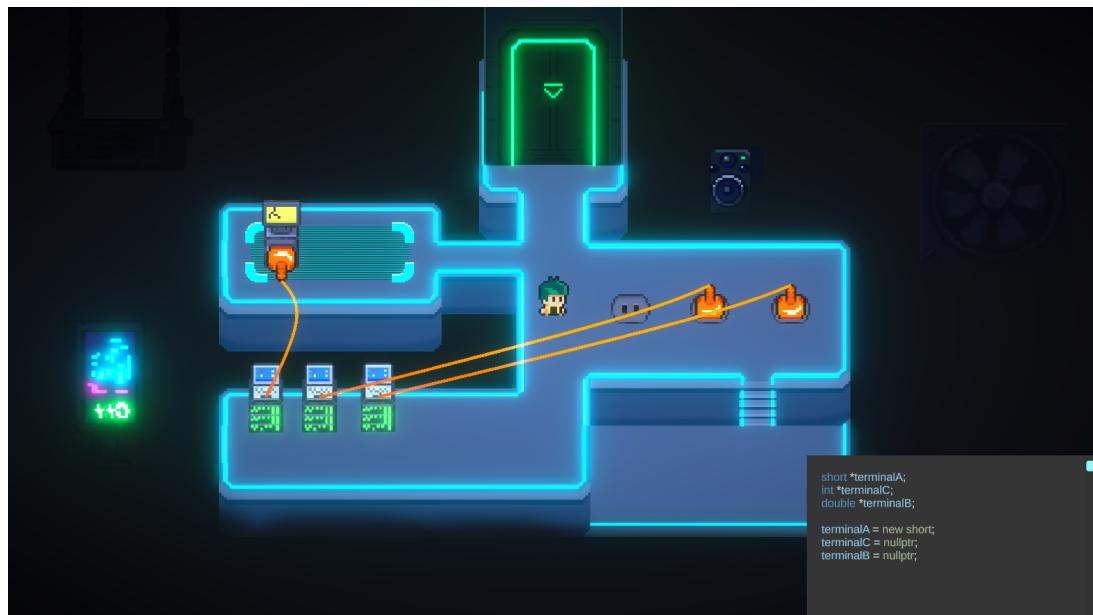


Figura 4.6: Captura de tela da apresentação da Zona de Alocação.

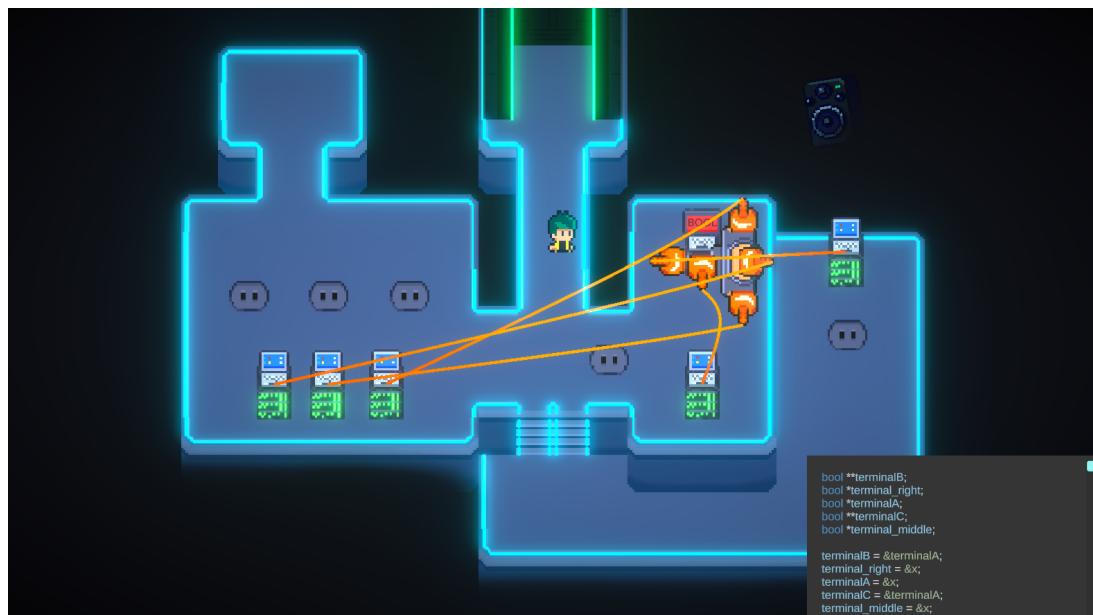


Figura 4.7: Captura de tela da primeira fase do Capítulo 6.

4.3 Processo de Desenvolvimento

O jogo CONNECT foi desenvolvido utilizando o motor de jogo Unity, em linguagem C#, em conjunto com ferramentas externas de edição de imagem, como Photoshop e Aseprite, e a ferramenta de edição de código Visual Studio Code. A arquitetura geral do jogo foi projetada de forma modular, com o intuito de facilitar a manutenção e a escalabilidade durante o desenvolvimento do projeto, além de garantir maior liberdade para futuras atualizações. Inicialmente foi desenvolvido um sistema de movimentação *top-down* em oito direções e os componentes para a simulação de um ponteiro real. A Figura 4.8 ilustra a modularização e o relacionamento entre os principais componentes do jogo através de um diagrama de classes. Esses componentes foram projetados de forma a simular o processo de referência de um ponteiro real a um endereço de memória, além das atribuições, alocações e desalocações.

Posteriormente, com os sistemas de movimentação e simulação prontos, foi construído um console próprio que funciona como um tradutor das ações do jogador em código C++. O funcionamento desse console é explicado mais detalhadamente na próxima seção. O console permanece visível ao jogador durante toda a sessão de jogo e possui um papel crucial para a resolução dos desafios propostos ao jogador.

Por fim, foram construídos os capítulos que compõem o jogo, como definidos na Tabela 4.1. Cada capítulo é composto por um conjunto pré-determinado de fases, e cada fase apresenta um desafio ao jogador referente àquele capítulo.

4.4 Decisões de Implementação

Inicialmente, a escolha de tratar os terminais como uma representação de ponteiros dentro do jogo forneceu uma boa base das funções necessárias para seu funcionamento. Dessa forma, um terminal possui um tipo e um nome, além de uma referência a uma máquina, que por sua vez simula uma variável. Para atingir esse objetivo, as máquinas possuem os campos nome, tipo, endereço e valor, visando simular completamente uma variável em C++. Além de apontar para as máquinas, os terminais podem armazenar outros dois tipos de valores: uma referência para uma máquina especial que simula um endereço nulo

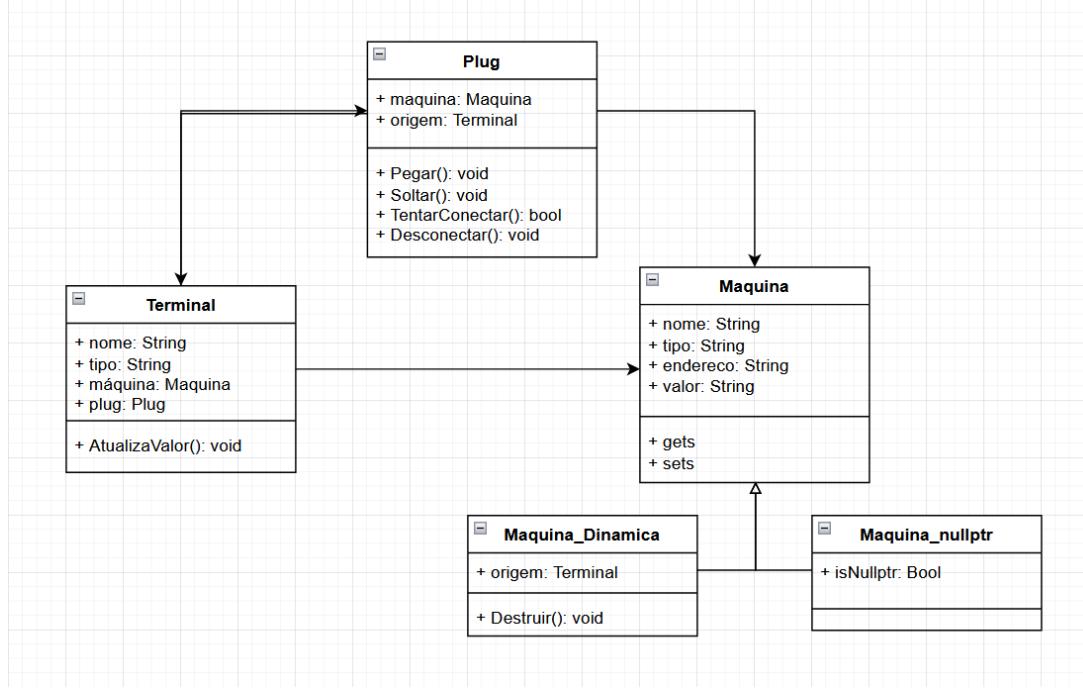


Figura 4.8: Diagrama de classes ilustrando os relacionamentos entre os principais componentes do jogo.

(NULL), ou o próprio valor NULL, que representa um ponteiro não inicializado. A Figura 4.9 apresenta um diagrama deste funcionamento.

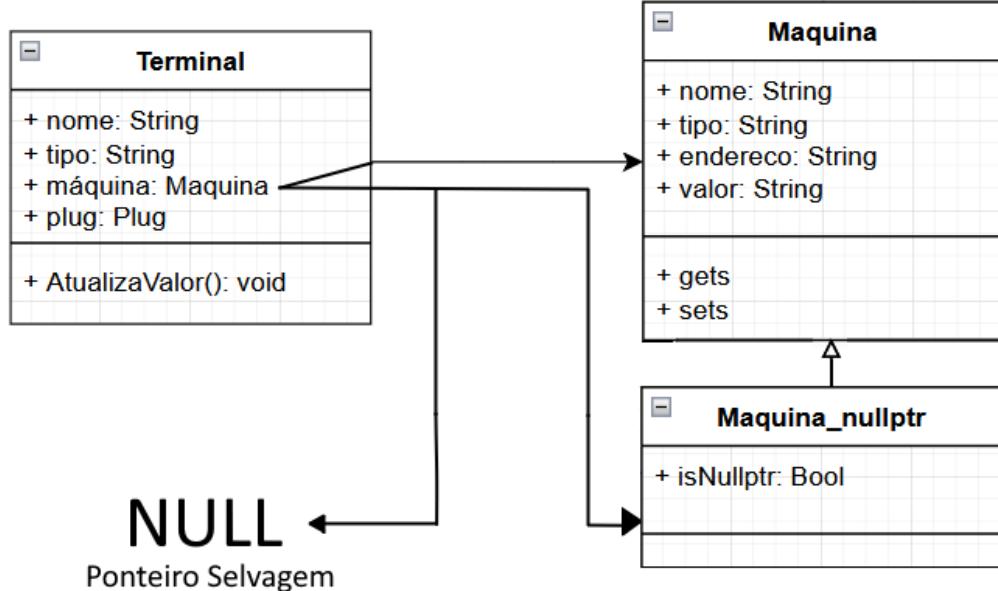


Figura 4.9: Diagrama ilustrando situações que podem ser atribuídas a Terminais.

Para formalização da ação de um terminal apontar para uma máquina, foi desenvolvido um sistema de “*Plugs*”. Nesse sistema, cada terminal possui o seu próprio

Plug, que por sua vez possui uma referência a uma máquina. Para fins de implementação, o terminal também armazena uma referência direta à mesma máquina referenciada pelo Plug. Essa abordagem facilita o acesso e a troca de dados importantes da máquina sem precisar acessar o plug todas as vezes que essas ações forem necessárias.

Na intenção de simular alocações dinâmicas de memória, uma variação no código das máquinas foi necessária. Foi definida uma “Área de Alocação” onde o jogador pode alocar máquinas de forma dinâmica. As máquinas dinâmicas herdam o código das máquinas, e são aquelas que podem ser instanciadas dentro de uma área de alocação através dos comandos do jogador, e deletadas a partir de terminais que as referenciam. Ao alocar uma máquina na área de alocação, um “slot de alocação” é consumido. Cada área de alocação presente no jogo possui um valor fixo de slots. Caso a referência seja perdida, não será possível acessá-la novamente, e a área de alocação terá um slot preenchido que não pode ser acessado.

Para atingir o resultado desejado de traduzir as ações do jogador em código C++, foi desenvolvido um console próprio que funciona como um “log de ações”. O funcionamento é simples porém muito consistente, e é baseado completamente no uso de dicionários e listas de strings. Foram definidos três dicionários: um de declarações, um de atribuições e, por fim, um de troca de valores. Todos os dicionários possuem como chave o nome de um terminal ou máquina, e o valor é uma concatenação de informações importantes, como nome, tipo e valor, com o propósito de formalizar um código em C++. Além dos dicionários, o uso de uma lista para comentários permite que alguns comentários de *feedback* sejam impressos no console de acordo com as ações do jogador. Por fim, todas as strings dos dicionários e das listas são concatenadas e desenhadas no console, e a cada ação do jogador esse processo se repete. Cada ação é traduzida de forma determinística e a Tabela 4.2 exibe os formatos de cada uma das ações.

Tabela 4.2: Exemplos de tradução de código.

Tipo	Código traduzido
Declaração de Terminal	<code><tipo_term> <num_asteriscos><nome_term>;</code>
Atribuição Terminal/Máquina	<code>(nome_terminal) = &(nome_maquina);</code>
Troca de Valor via terminal	<code>(num_asteriscos)(nome_term) = (valor);</code>

5 Avaliação e Resultados

Este capítulo apresenta, de forma detalhada, o método de avaliação aplicado, além de analisar os resultados obtidos através desse experimento. É importante salientar que o método Lori foi escolhido por ser uma metodologia simples, objetiva e eficaz para avaliar produtos educacionais digitais, não exigindo instrumentos complexos de coleta de dados e podendo ser aplicado via formulário online (NESBIT; BELFER; LEACOCK, 2009). O método equilibra aspectos pedagógicos e técnicos, o que se adequa perfeitamente ao contexto de CONNECT, que combina ensino de lógica e interação digital.

5.1 Formulário de Avaliação

O instrumento digital foi elaborado com base nos oito critérios do Lori, adaptados para o contexto do jogo CONNECT. Cada questão solicita uma avaliação em escala Likert de 1 a 5, onde 1 representa “discordo totalmente” e 5 “concordo totalmente”. O formulário utilizado foi construído a partir do Lori 2.0 (NESBIT; BELFER; LEACOCK, 2009), e a versão aplicada está disponível para acesso².

5.1.1 Estrutura do Formulário

O formulário foi totalmente construído a partir das dimensões do Lori e conta com os 8 aspectos definidos por (NESBIT; BELFER; LEACOCK, 2009), com um adicional de um termo de anuência logo no inicio e uma pergunta qualitativa ao final. Cada aspecto foi definido de forma a se adaptar ao contexto deste trabalho. O critério de Qualidade Geral foi definido como a precisão e relevância do conteúdo apresentado no jogo no tocante ao ensino de ponteiros. Alinhamento com os Objetivos de Aprendizagem diz respeito ao alinhamento dos desafios e atividades do jogo com o objetivo de ensinar ponteiros. O aspecto de Feedback e Adaptação busca saber se o jogo oferece ou não *feedback* claro sobre as ações do jogador. A dimensão de Motivação foi usada para medir o interesse

²Formulário aplicado: <https://forms.gle/UeeYcqCo9MCcQL1NA>

e engajamento do aluno durante o decorrer do jogo, enquanto a questão de Design de Apresentação foi definida para avaliação do design, como elementos visuais, texto, sons e interface, como agradáveis ou não. O aspecto de Usabilidade da Interação define se a navegação e a interação do jogo são intuitivas e de fácil compreensão e uso. Já a dimensão de Acessibilidade busca entender se o jogo apresenta informações e instruções de forma acessível e compreensível para diferentes perfis de jogadores. Por fim, a questão de Cumprimento de Padrões Técnicos foi definida para avaliar se o jogo funciona corretamente nas plataformas disponíveis e se mantém estabilidade durante o uso.

Além das questões citadas acima, foi incluído um espaço aberto para comentários qualitativos, de forma que os participantes pudessem expressar suas percepções sobre o jogo de forma mais livre.

5.2 Roteiro de Aplicação da Avaliação

A avaliação foi dividida em duas etapas. Uma avaliação piloto, com um grupo reduzido de participantes, foi realizada com o objetivo de se obter um primeiro *feedback* sobre o jogo, antes da avaliação final com os discentes da disciplina de Algoritmos 2. A partir desse *feedback*, foram realizados diversos ajustes no jogo, e uma nova avaliação foi realizada com um grupo maior de participantes.

5.2.1 PÚBLICO-ALVO

Nas duas avaliações, o público-alvo foi composto por estudantes dos cursos de Computação da Universidade Federal de Juiz de Fora. A primeira avaliação foi realizada de forma remota e contou com participantes diversos com conhecimentos básicos de C++ e lógica de programação. Já a segunda aplicação foi realizada de forma presencial durante as aulas práticas da disciplina de Algoritmos II da UFJF, nas turmas A, B, C e D. Participaram também da segunda etapa alguns professores que ministram ou ministraram essa disciplina ou disciplinas correlatas.

5.2.2 Procedimentos de Aplicação

A aplicação do instrumento Lori ao jogo CONNECT foi planejada de modo a garantir uma coleta de dados consistente, padronizada e significativa, respeitando tanto as diretrizes originais da metodologia quanto as características específicas do público-alvo. Um termo de anuência foi disponibilizado ao inicio do formulário para garantir a concordância da parte avaliadora. As instruções do termo indicavam que a atividade tinha caráter exclusivamente acadêmico, que não haveria custos e que as respostas seriam utilizadas com garantia de anonimato.

O processo de avaliação teve duas fases, sendo a primeira uma avaliação feita de forma assíncrona com uma amostra pequena de alunos, onde foi possível observar o comportamento, dúvidas e engajamento desses alunos baseando-se apenas nas respostas do formulário, e a segunda de forma síncrona e presencial, onde coletou-se o *feedback* através do formulário de avaliação disponibilizado para os alunos avaliadores, além de se observar o comportamento dos alunos durante todo o teste.

Inicialmente, foi realizada uma apresentação introdutória que contextualizou o objetivo da pesquisa e explicou brevemente o propósito educacional do CONNECT. Nessa etapa, foi esclarecido que o jogo foi desenvolvido com a finalidade de apoiar o ensino do conceito de ponteiros na linguagem C++ e que o instrumento Lori seria utilizado para avaliar a qualidade pedagógica e técnica da experiência proporcionada. Essa introdução buscou esclarecer as expectativas dos avaliadores e garantir que os participantes compreendessem o intuito da análise.

Em seguida, foi disponibilizado para os alunos um roteiro introdutório dos conceitos básicos do jogo, como movimentação, manipulação de *plugs* e terminais, além da leitura das informações no console. O objetivo desta etapa foi nivellar o entendimento sobre o funcionamento básico do jogo e reduzir possíveis interferências decorrentes de dificuldades técnicas ou desconhecimento dos controles.

Após essa introdução, teve início a sessão de jogo propriamente dita, com duração de vinte minutos. Durante esse período, cada participante foi convidado a explorar livremente o ambiente, resolver o máximo de capítulos que conseguisse e experimentar as mecânicas essenciais que envolvem a manipulação de ponteiros. Essa liberdade de ex-

ploração é fundamental, pois permite que os jogadores construam uma percepção autêntica sobre a usabilidade, a clareza das instruções, o design visual e o grau de motivação proporcionado pela narrativa e pelos desafios. Nesse momento, o coordenador da avaliação do software adotou uma postura de observador, para evitar interferências que pudessem comprometer a avaliação.

Ao término da sessão de jogo os participantes foram convidados a preencher o formulário digital elaborado com base no Lori, discutido na seção anterior.

5.3 Análise dos resultados da Avaliação Piloto

A avaliação piloto contou com 21 participantes que assinaram o termo de anuência, conforme registrado no formulário digital. Embora o número de participantes não permita conclusões generalizáveis, ele pode fornecer indícios sobre a recepção do jogo pelos avaliadores deste contexto específico. Na Tabela 5.1, estão formalizados cada um dos aspectos avaliados durante essa primeira etapa, de forma a esclarecer como cada dimensão foi classificada através dos resultados obtidos, permitindo assim determinar o grau de aceitação de cada uma delas.

Tabela 5.1: Resumo dos resultados da Avaliação Piloto (N=21).

Dimensão Avaliada	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5	Observações Gerais
Qualidade do Conteúdo	0%	0%	0%	33,3%	66,7%	Forte aceitação do conteúdo.
Alinhamento com Objetivos	0%	0%	0%	28,6%	71,4%	Clareza percebida nos objetivos.
Feedback e Adaptação	0%	0%	0%	42,9%	57,1%	feedback considerado adequado.
Motivação	0%	0%	0%	23,8%	76,2%	Alto engajamento relatado.
Design de Apresentação	0%	0%	4,8%	23,8%	71,4%	Visual bem avaliado.
Usabilidade da Interação	0%	9,5%	23,8%	47,6%	19%	Maior variabilidade indicam pontos a serem melhorados.
Acessibilidade	0%	4,8%	28,6%	38,1%	28,6%	Experiência heterogênea entre perfis.
Padrões Técnicos	0%	0%	0%	19%	81%	Execução técnica estável.

Com 21 participantes, foi possível verificar indícios preliminares de boa aceitação do jogo no contexto específico de aplicação. Em vários critérios, tais como motivação, design de apresentação, alinhamento com os objetivos de aprendizagem e qualidade do conteúdo, as respostas concentraram-se em níveis superiores da escala.

A análise qualitativa reforça essa ideia inicial, indicando que parte dos participantes relataram aspectos positivos da proposta, tanto pela estética quanto pela tentativa de ilustrar, de forma visual, conceitos relacionados a ponteiros em C++. Alguns comentários mencionaram que a experiência despertou interesse em aprender mais sobre o tema, o que

pode sugerir um potencial efeito motivacional nesse grupo.

Por outro lado, os relatos qualitativos também apontam oportunidades de aprimoramento, principalmente no que se refere à usabilidade da interação. Dificuldades mencionadas envolvem acesso a terminais, movimentação do personagem, clareza nos objetivos de cada fase e navegação em menus. Esses aspectos podem ter influenciado a maior dispersão observada nas avaliações de usabilidade e acessibilidade. Esses resultados foram utilizados para melhorar o software para a segunda avaliação.

Como principais limitações desta avaliação, destaca-se o número reduzido de participantes e o fato de a coleta ter sido realizada em um único contexto e curso de forma remota. Dessa forma, não é possível generalizar os achados para outros públicos.

5.4 Análise dos resultados da Avaliação Final

A avaliação final contou com 70 participantes, conforme registrado no termo de anuência aplicado via formulário digital Figura 5.1. As instruções do termo são as mesmas propostas na avaliação piloto.



Figura 5.1: Termo de anuência apresentado aos participantes.

Embora o número de participantes não permita conclusões generalizáveis, ele pode fornecer indícios sobre a recepção do jogo pelos avaliadores deste contexto específico.

De forma similar à primeira aplicação. abaixo são apresentados cada um dos aspectos avaliados durante essa segunda etapa.

5.4.1 Qualidade do conteúdo

A maioria das respostas concentrou-se em valores altos (Figura 5.2), com cerca de 92,9% das avaliações atribuídas aos valores 4 ou 5. Apenas 5,7% das avaliações atribuíram o valor 3, 1,4% atribuiu o valor 2, e o valor 1 não apareceu nessa dimensão. Esse padrão pode indicar que os participantes perceberam a qualidade do conteúdo em geral como coerente e relevante para o ensino de ponteiros.



Figura 5.2: Gráfico dos resultados de Qualidade de Conteúdo.

5.4.2 Alinhamento com os Objetivos de Aprendizagem

No critério de alinhamento com objetivos de aprendizagem (Figura 5.3), observou-se ausência de notas 1 e 2. Apenas 3 participantes (4,3%) marcaram nota 3, enquanto aproximadamente 22 participantes (31,4%) indicaram nota 4 e 45 participantes (64,3%) atribuíram nota 5. A elevada concentração nos níveis mais altos pode sugerir que os participantes perceberam relação clara entre os desafios do jogo e o objetivo de ensinar conceitos de ponteiros em C++. Alguns comentários qualitativos parecem reforçar essa percepção, mencionando que a visualização metafórica do funcionamento de ponteiros pode ter auxiliado parte dos jogadores a formar intuições sobre o conceito.

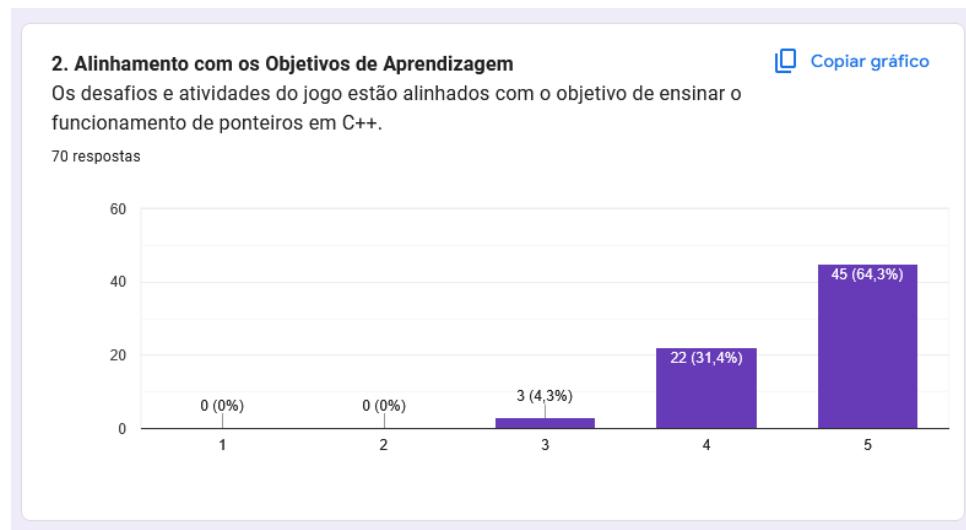


Figura 5.3: Gráfico dos resultados de Alinhamento com os Objetivos de Aprendizagem.

5.4.3 Feedback e Adaptação

No critério de *feedback* e adaptação (Figura 5.4), houve maior dispersão nas notas. A distribuição concentrou-se principalmente nas notas 3, 4 e 5, em que 31,4% marcaram 3, 28,6% nota 4 e 32,9% marcaram nota 5. Além disso, 5 participantes deram nota 2 para esta dimensão. Essa dispersão em notas altas e intermediárias pode indicar que muitos participantes perceberam que o jogo oferecia indicações razoavelmente claras sobre o resultado de suas ações e sobre o progresso na fase, mas uma quantidade relevante de alunos ficaram insatisfeitos. No entanto, comentários qualitativos destacaram que as dificuldades encontradas por parte dos alunos em relação ao *feedback* já possuem soluções dentro do jogo, mas que passaram despercebidas em alguns casos, o que pode sugerir que, apesar de o *feedback* ter sido percebido como adequado pela maior parte dos participantes, algumas situações podem ter gerado incerteza durante a execução das tarefas. Desse modo, apesar dos indícios positivos, o resultado reforça a importância de melhorias no refinamento da interface e da responsividade dos controles de certas mecânicas, como movimentação e acesso às maquinas.

5.4.4 Motivação

A Figura 5.5 evidencia que nesta etapa de avaliação a maior parte dos avaliadores marcaram que o jogo mantém o interesse e o engajamento do jogador, incentivando a aprendi-

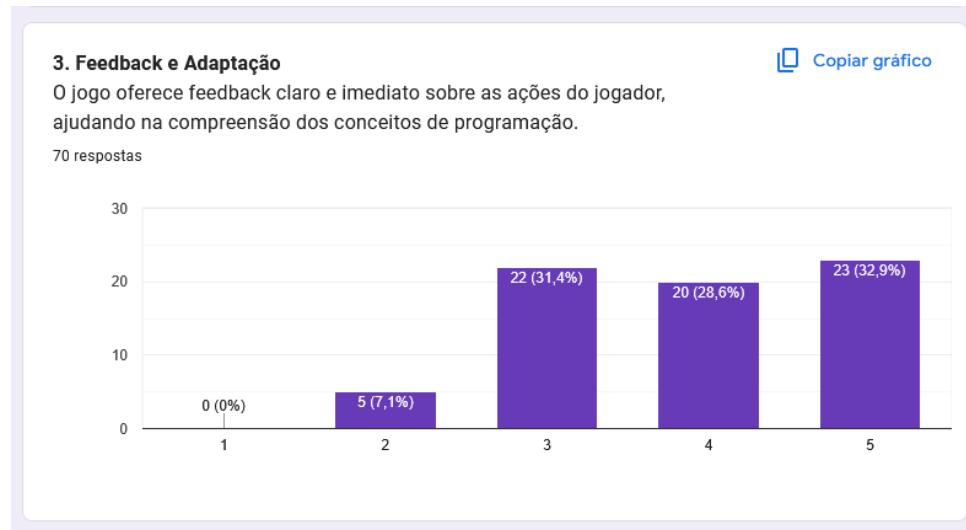


Figura 5.4: Gráfico dos resultados de Feedback e Adaptação.

zagem, com 20% dos participantes atribuindo nota 4, e 49 participantes (70%) atribuindo nota 5. Contudo, houve ocorrências de notas 1, 2 e 3, que indicam que este tipo de abordagem não é atrativa a todos. Essa distribuição pode sugerir que o jogo despertou interesse entre a maior parte dos avaliadores e é um ótimo indício de que o objetivo deste software está no caminho certo. Entretanto, vale destacar que, por se tratar de avaliação em um único contexto e uma amostra pequena, não é possível generalizar esse potencial motivacional para públicos maiores ou diferentes. Ainda assim, tais respostas mostram indícios iniciais de boa aceitação.

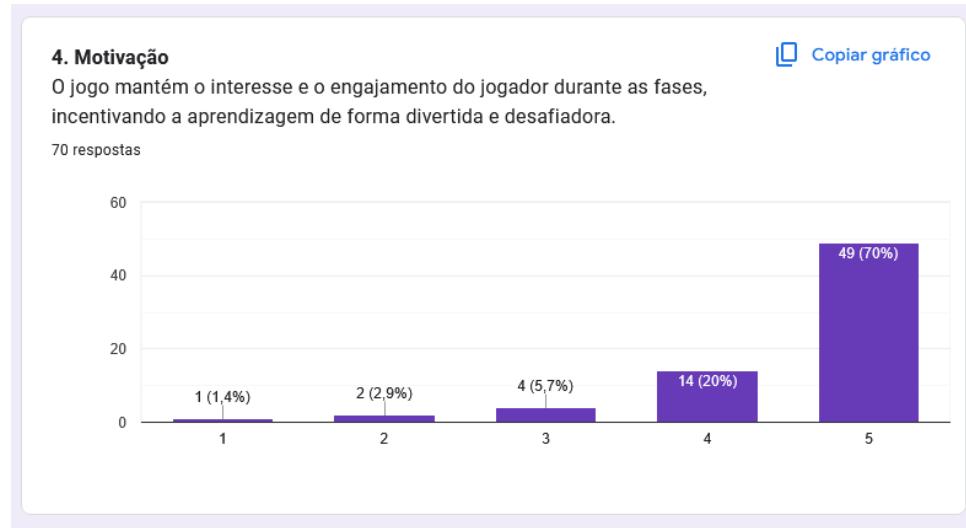


Figura 5.5: Gráfico dos resultados de Motivação.

5.4.5 Design de Apresentação

Assim como na avaliação de Motivação, o Design de Apresentação manteve altos índices de aceitação, como mostra a Figura 5.6. Não houve atribuições de nota 1, apenas duas incidências de nota 2 (2,9%) e 8 avaliações (11,4%) com nota 3, enquanto 21 participantes (30%) atribuíram nota 4 e 39 participantes (55,7%) atribuíram nota 5. Essa prevalência de notas altas pode indicar que o aspecto visual (incluindo organização, cores, sons, textos e elementos gráficos) foi percebido de forma positiva por grande parte da amostra. Ainda assim, a presença de uma avaliação mediana pode sugerir que certas escolhas visuais ou de apresentação podem ter impactado a experiência de alguns jogadores. Além disso, o jogo foi apresentado aos alunos sem a presença de áudio, o que pode ter interferido nas respostas deste aspecto.



Figura 5.6: Gráfico dos resultados de Design e Apresentação.

5.4.6 Usabilidade da Interação

A usabilidade (Figura 5.7) também apresentou alguma dispersão nos resultados em relação a Motivação, porém notas baixas apareceram em pequena proporção, com apenas 2 participantes (2,9%) indicando nota 2 e 8 participantes (11,4%) indicando nota 3. Além disso, 60 participantes atribuiram notas 4 e 5, sendo 14,3% do total em notas 4 e 71,4% do total em notas 5. Esse resultado sugere que, embora a maioria tenha avaliado a usabilidade de forma positiva (notas 4–5 somam cerca de 85,7%), a incidência de avaliações

intermediárias e baixas sugere que os mecanismos de interação não foram igualmente fluídos para todos. Alguns comentários reforçam essa percepção, mencionando que certos comandos e interações com objetos poderiam ser mais responsivos, e que a movimentação foi percebida como “um pouco travada” por alguns participantes.

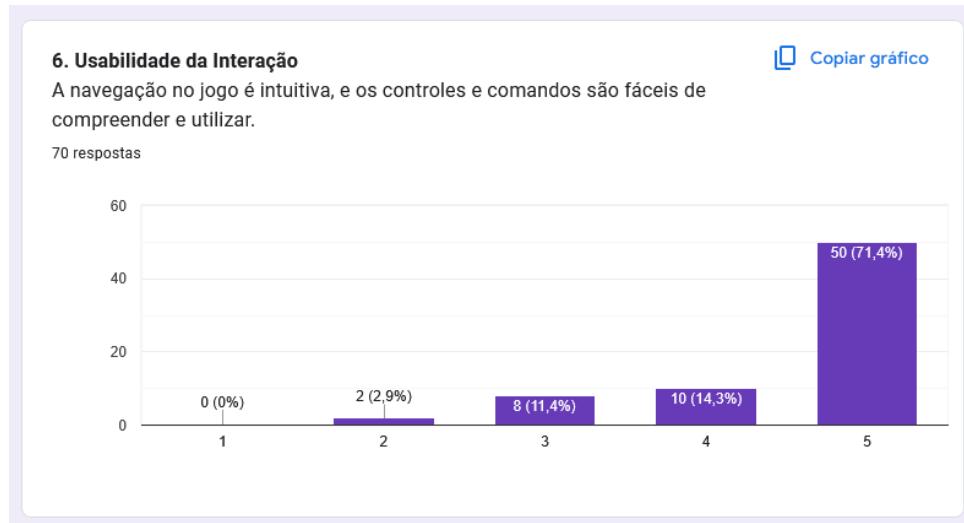


Figura 5.7: Gráfico dos resultados de Usabilidade da Interação.

5.4.7 Acessibilidade

Em questão de acessibilidade, no contexto em que estamos aplicando, onde a acessibilidade busca entender se o jogo apresenta informações e instruções de forma acessível e compreensível para diferentes perfis de jogadores, ou seja, para jogadores com ou sem conhecimento prévio do material de ponteiros, os resultados foram um pouco surpreendentes, como mostra a Figura 5.8. Os resultados apresentaram uma variação perceptível, sendo que nenhum participante atribuiu nota 1, 7 participantes (10%) marcaram nota 2, 10 participantes (14,3%) atribuíram nota 3, 23 participantes (32,9%) indicaram nota 4 e 30 participantes (42,9%) marcaram nota 5. Existe uma presença significativa de notas 3, o que sugere que a experiência de acessibilidade não foi uniforme, o que pode estar relacionado à familiaridade prévia do conteúdo dos jogadores. No entanto, existe uma tendência positiva, com cerca de 75,8% dos participantes avaliando a acessibilidade com notas 4 e 5. Nesse cenário, os resultados podem sugerir que o conteúdo apresentado no jogo tem potencial de ser compreensível para diferentes perfis de jogadores.

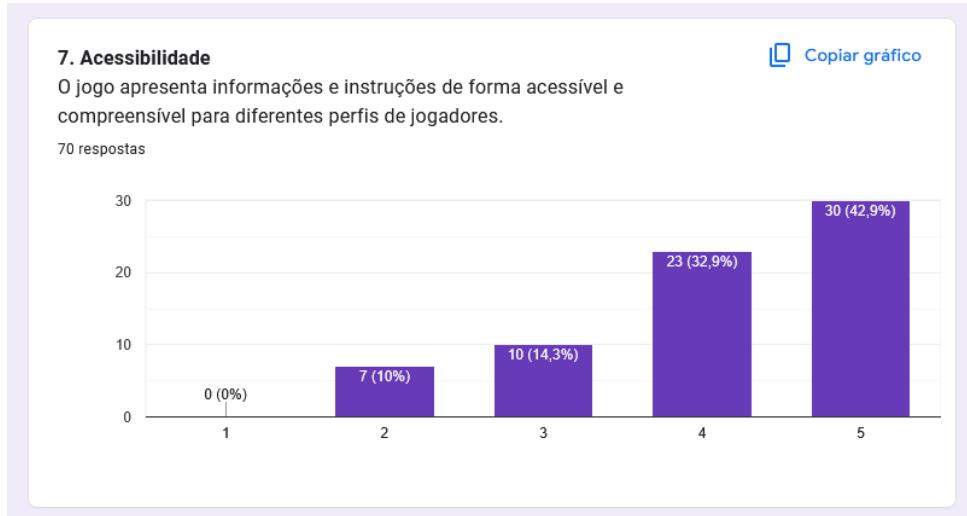


Figura 5.8: Gráfico dos resultados de Acessibilidade.

5.4.8 Cumprimento de Padrões Técnicos

No critério de cumprimento de padrões técnicos (Figura 5.9), não foram registradas notas 1, um participante avaliou como nota 2, 6 participantes marcaram nota 3 e 6 avaliaram com nota 4, totalizando 18,6%. O restante (81,4%) avaliaram este aspecto com nota 5. Essa predominância de notas altas pode sugerir que o jogo funcionou de maneira satisfatória em termos de performance, compatibilidade e estabilidade na maior parte dos casos. Não foram observados, nos comentários abertos, relatos frequentes de falhas graves, o que pode indicar que a execução técnica foi suficientemente estável no contexto avaliado. Ainda assim, como a avaliação ocorreu em ambiente relativamente controlado, outros contextos de uso podem demandar testes adicionais.

5.4.9 Resultados qualitativos

Além das respostas estruturadas, a questão aberta obteve 59 comentários textuais, sendo 16 da avaliação piloto e 43 da avaliação final, que foram utilizados exclusivamente para reunir o máximo de *feedback* possível para futuras melhorias do jogo CONNECT. Os resultados qualitativos da avaliação piloto foram muito importantes para diversas melhorias feitas na versão utilizada na avaliação final, e os comentários feitos na avaliação final ficam como informações importantes para possíveis melhorias no futuro. Muitas respostas definiram o jogo como motivador e interessante, além de ressaltarem que facilitou o entendimento do conceito de ponteiros, de forma divertida e atrativa. Porém diversas

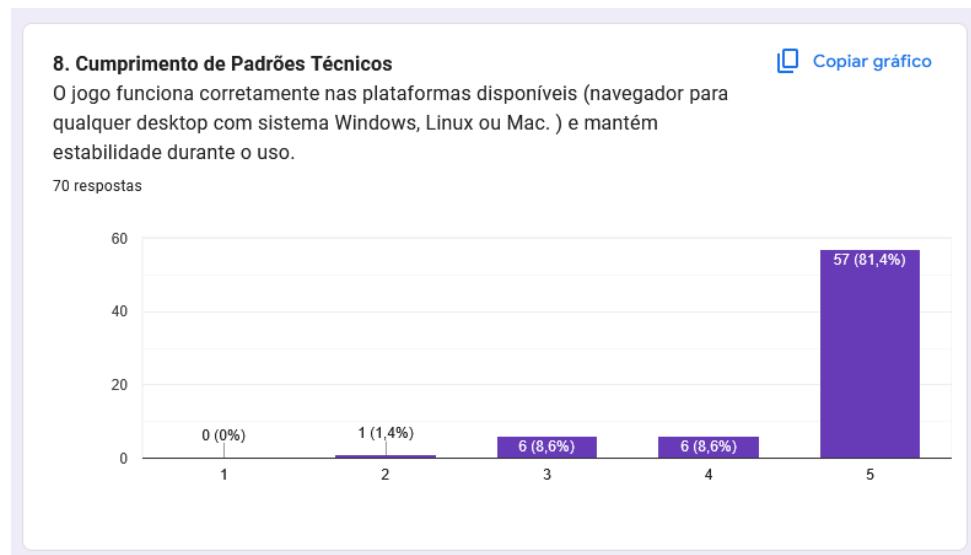


Figura 5.9: Gráfico dos resultados de Cumprimento de Padrões Técnicos.

respostas também trouxeram pontos negativos, mas que tratam apenas da parte técnica, como propostas de melhorias de interface, movimentação e qualidade de vida, além de algumas dicas e ideias para serem implementadas no futuro. Em contrapartida, não foram identificados comentários cujo cunho colocasse em cheque o objetivo principal do jogo ou de avaliadores que alegam não terem gostado do jogo.

5.5 Análise dos resultados da avaliação com docentes

A avaliação final contou com 3 respostas extras de professores que ministram ou já ministraram a disciplina de Algoritmos II. Assim como na Avaliação Piloto, o número de respostas não permite uma conclusão generalizável, mas pode fornecer indícios sobre a percepção do jogo por membros do corpo docente da UFJF. A Tabela 5.2 formaliza a porcentagem média de aceitação observada em cada um dos aspectos avaliados.

Tabela 5.2: Porcentagem média de aceitação observada nas respostas dos professores.

Dimensão Avaliada	Porcentagem de aceitação	Observações Gerais
Qualidade do Conteúdo	93,3%	Forte aceitação do conteúdo
Alinhamento com Objetivos	86,6%	Clareza percebida nos objetivos
Feedback e Adaptação	60%	feedback aceitável
Motivação	86,6%	Alto engajamento relatado
Design de Apresentação	60%	Visual aceitável
Usabilidade da Interação	80%	Alta aceitação neste quesito
Acessibilidade	80%	Alta percepção de acessibilidade
Padrões Técnicos	66,7%	Execução técnica estável

Com apenas 3 participantes do corpo docente, foi possível verificar indícios preliminares de boa aceitação do jogo, com forte aceitação nos aspectos de Qualidade do Conteúdo, Alinhamento com Objetivos e Motivação, além de bons resultados nos aspectos de usabilidade e acessibilidade. Vale destacar que a porcentagem de aceitação do critério de **qualidade do conteúdo**, com quase 100% de aceitação, pode indicar que o conteúdo de ponteiros apresentado no jogo possui precisão e nível adequado de detalhes. No geral, as respostas qualitativas apontam, principalmente, pontos a serem melhorados no futuro, em relação aos aspectos com menores níveis de aceitação, como **feedback e adaptação e design de apresentação**. Dentre as sugestões de melhoria, destacam-se a melhoria do sistemas de instruções ao jogador, facilitar a relação entre nome e objeto nas mecânicas do jogo, como terminal, máquinas e *plugs*, ambientar melhor o jogador para um melhor entendimento dos controles e objetivos, e adicionar um acompanhamento contínuo do progresso do jogador em relação às fases, como uma barra de progresso.

5.6 Ameaças à validade

A análise dos resultados obtidos na avaliação precisa considerar elementos que podem ameaçar a validade deste trabalho. Um desses elementos é a amostra utilizada na pesquisa. Por ser composta por um número relativamente pequeno de participantes, sendo 21 na primeira parte e 70 na segunda, a capacidade de generalização dos resultados para um público mais amplo de estudantes é limitada. Além disso, um possível viés de seleção pode ter influenciado os resultados, já que a participação foi voluntária. Isso significa que a amostra pode ter sido composta por alunos com um interesse prévio por tecnologia e jogos, o que pode ter influenciado positivamente os resultados. Outro fator a ser considerado são os contextos em que a avaliação foi realizada. Ela ocorreu durante aulas de laboratório, em que os alunos estavam envolvidos em outras atividades. Esse ambiente pode ter comprometido a imersão e a dedicação total dos participantes e afetado a experiência do jogo. Além disso, o contexto específico do estudo também é um fator a ser levado em consideração. A pesquisa foi realizada apenas na UFJF e durante períodos de aula, o que significa que os resultados obtidos podem não ser aplicáveis a outros contextos educacionais ou a alunos de diferentes níveis de formação.

O instrumento de medição utilizado no estudo pode ser vulnerável à interpretação pessoal dos participantes, o que pode comprometer a precisão dos dados coletados, como por exemplo o critério de **acessibilidade**, que foi adaptado para definir se diferentes perfis de alunos podem absorver o conteúdo apresentado de forma agradável. Além disso, fatores de confusão também devem ser considerados, como o estado emocional dos alunos, a experiência prévia com jogos e a facilidade com que eles interagem com eles. Esses aspectos podem variar significativamente entre os participantes, impactando a forma como eles interagem com o software educacional. Outro ponto a ser levado em conta é o fator de atração. A atratividade desses jogos pode ser mais forte para alguns alunos do que para outros, influenciando o nível de engajamento e, consequentemente, distorcendo os resultados da avaliação.

Por fim, vale ressaltar que o critério de **qualidade de conteúdo** pode não ser ter sido avaliado de forma adequada pelos alunos, por ser um critério que envolve um conhecimento mais aprofundado do conteúdo. Para esse critério, a avaliação dos professores tende a ser mais confiável.

6 Conclusão

Este trabalho apresentou o jogo CONNECT, que tem como objetivo principal facilitar a aprendizagem de um conceito complexo de programação (ponteiros), buscando reter a atenção do aluno através da motivação e engajamento proporcionados pelo jogo. Inicialmente uma fundamentação teórica foi apresentada a fim de expor as dificuldades encontradas no ensino qualificado de programação nos dias atuais. Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura abarcando trabalhos voltados para o ensino de estruturas de dados e ponteiros, com o propósito de analisar os resultados obtidos através dessas abordagens em estudos prévios. O processo de desenvolvimento do jogo CONNECT foi apresentado, discorrendo sobre sua estruturação em capítulos, mecânicas elaboradas e decisões de implementação. Por fim, discutiu-se sobre a avaliação realizada com discentes e docentes da UFJF.

Na avaliação piloto, com 21 participantes, foi possível verificar indícios preliminares de boa aceitação do jogo no contexto específico de aplicação. Em vários critérios, tais como motivação, design de apresentação, alinhamento com os objetivos de aprendizagem e qualidade do conteúdo, as respostas concentraram-se em níveis superiores da escala. A análise qualitativa reforça essa ideia inicial, indicando que parte dos participantes relataram aspectos positivos da proposta, tanto pela estética quanto pela tentativa de ilustrar, de forma visual, conceitos relacionados a ponteiros em C++. Alguns comentários mencionaram que a experiência despertou interesse em aprender mais sobre o tema, o que pode sugerir um potencial efeito motivacional nesse grupo.

A avaliação final contou com 70 participantes e, através dos seus resultados, foi possível reforçar os indícios de boa aceitação do jogo, agora com resultados mais precisos. Todas as oito dimensões discutidas apresentaram predominância de notas altas, que reforçam a aderência dos alunos para abordagens mais dinâmicas e lúdicas, com a motivação sendo o principal motivo da boa aceitação. A avaliação pelos professores (em um total de 3 participantes) também apresentou bons resultados, principalmente ao se considerar a dimensão de qualidade do conteúdo, que é a dimensão que mais se beneficia

do conhecimento docente acerca do tema.

É importante destacar que, embora o contingente de alunos que testaram a ferramenta tenha sido satisfatório, esta avaliação ainda apresenta algumas limitações. Dentre elas, destaca-se o fato de a coleta de respostas ter sido realizada em um único contexto e curso, além de os alunos expostos ao teste já possuírem conhecimento prévio a respeito do conceito de ponteiros. Uma avaliação com alunos de forma simultânea às aulas de ponteiros poderia gerar resultados distintos.

Como possíveis trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento de novas fases que mesclam os conteúdos anteriormente apresentados, de forma a criar mais conteúdo e novos desafios a partir dos conceitos previamente estabelecidos. Adicionalmente, qualquer melhoria baseada nos resultados obtidos na avaliação apresentada, a fim de aperfeiçoar os aspectos discutidos neste trabalho, pode ser incorporada ao software, visando uma melhoria na qualidade da experiência e efetividade da ferramenta para os alunos de programação. Também seria interessante realizar uma avaliação mais elaborada quanto à efetividade do jogo no apoio ao ensino de ponteiros. A presente avaliação focou principalmente na aceitação do jogo como uma ferramenta complementar, mas ainda não é possível afirmar se o jogo de fato contribui para uma maior compreensão do tema. Uma avaliação comparativa envolvendo testes de conhecimento aplicados a grupos distintos de alunos seria necessária para aferir isso.

Bibliografia

- AKPINAR, Y. Validation of a learning object review instrument: Relationship between ratings of learning objects and actual learning outcomes. *Interdisciplinary Journal of e-Skills and Lifelong Learning*, v. 4, 01 2008.
- BARBOSA, H. et al. Jogo educativo no ensino de estrutura de dados: aliando educação 5.0, gamificação e storytelling. In: . [S.l.: s.n.], 2023. p. 792–803.
- BATTISTELLA, P. E. et al. Sortia 2.0: A sorting game for data structure teaching. In: *XII Brazilian Symposium on Information Systems*. Florianópolis, SC, Brazil: [s.n.], 2016.
- BOLLER, S.; KAPP, K. M. *Jogar para aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes*. São Paulo: DVS Editora, 2018.
- BRENNAN, K.; RESNICK, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada, 2012.
- CAI, Y.; YAO, D.; CAO, Q. Visualize and learn sorting algorithms in game-based learning. In: *ISMAR Adjunct Proceedings*. [S.l.: s.n.], 2022.
- DANTAS, G. A. F. et al. Aprenda a identificar e diferenciar gamificaÇÃo e jogo sÉrio. *Revista Conexão na Amazônia*, v. 3, n. Edição especial, p. 50–66, nov. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.ifac.edu.br/index.php/revistarca/article/view/133>>.
- DICHEVA, D.; HODGE, A. Active learning through game play in a data structures course. In: . [S.l.: s.n.], 2018. p. 834–839.
- DICHEVA, D. et al. On the design of an educational game for a data structures course. In: . [S.l.: s.n.], 2016.
- EUGÊNIO, T. *Aula em jogo: descomplicando a gamificação para educadores*. São Paulo: Évora, 2020.
- GENESIO, N. et al. Um mapeamento sistemático sobre jogos educacionais digitais para o ensino-aprendizagem de estrutura de dados. In: . [S.l.: s.n.], 2024. p. 819–837.
- GOMES; JESUS, A. de. *Dificuldades de aprendizagem de programação de computadores : contributos para a sua compreensão e resolução*. Tese (Doutorado), Coimbra, 2010.
- HAINES, T.; BAXTER, G. A serious game for programming in higher education. *Computers & Education: X Reality*, 2024.
- KARAVIRTA, V.; HAKULINEN, L. Educational accelerometer games for computer science. In: *BST M-Learn Conference*. [S.l.: s.n.], 2012.
- KAUR, N.; GANESAN, G. Play and learn ds: Interactive and gameful learning of data structures. *International Journal of Technology Enhanced Learning (IJTEL)*, 2015.
- LARA, D. F. et al. A produção acadêmica sobre o uso de jogos sérios na educação: Avanços alcançados. *Temática*, v. 19, p. 206, 01 2023.

- LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; LORETO, E. L. da S. Metodologias ativas de aprendizagem: Uma breve revisão. 2018.
- MAWAS, N. E. et al. Impact of game-based learning on stem learning and motivation: Two case studies in europe. 2022.
- MCGILL, M. et al. *If Memory Serves: Towards Designing and Evaluating a Game for Teaching Pointers to Undergraduate Students**If Memory Serves: Towards Designing and Evaluating a Game for Teaching Pointers to Undergraduate Students*. 2018.
- MCGONIGAL, J. *Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. New York: Penguin Press, 2011.
- NARCISO, R. et al. *Educação conectada: explorando o potencial da tecnologia na sala de aula*. [S.l.: s.n.], 2024. ISBN 978-65-5397-202-5.
- NESBIT, J.; BELFER, K.; LEACOCK, T. Learning object review instrument (lori). 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/7927907/Learning_Object_Review_Instrument_LORI>.
- PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, MCB University Press, v. 9, n. 5, p. 1–6, 2001.
- RAJEEV, S.; SHARMA, S. Evaluation of game-theme based instructional modules for data structure concepts. v. 27, p. 24–34, 03 2020.
- RAMLE, R. et al. Question-led learning in educational game of graph data structure traversal algorithm. In: *IEEE Educational Technology Conference*. [S.l.: s.n.], 2020.
- ROJAS-SALAZAR, A.; RAMÍREZ-ALFARO, P.; HAAHR, M. Learning binary search trees through serious games. In: . [S.l.: s.n.], 2021.
- ROMERO H J ROMERO, K. A. S. A. D. M. S. A. S. I. J. Evaluation of a virtual learning object with augmented reality technology for teaching of the computer parts. IOP Publishing Ltd, 2021.
- SENTURK, Z. K. et al. A game to test pointers: Path finding. In: . [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–3. ISBN 978-1-4673-2332-1.
- SHABANAH, S. S. et al. Designing computer games to teach algorithms. In: *International Conference on Information Technology*. [S.l.: s.n.], 2010.
- YASSINE, A. et al. A serious game for learning c programming language concepts using solo taxonomy. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, v. 12, p. 110, 03 2017.
- ŠUNÍKOVÁ, D.; KUBINCOVÁ, Z.; BYRTUS, M. A mobile game to teach avl trees. In: *International Conference on Game-Based Learning*. [S.l.: s.n.], 2022.