

# OptimaCorporation: reduzindo a percepção de complexidade em problemas de otimização por meio de um jogo educacional

*OptimaCorporation: Reducing the Perceived Complexity of Optimization Problems Through an Educational Game*

Waldecir Martins<sup>1</sup>, Fabrizio Honda<sup>1</sup>, Fernanda Pires<sup>1</sup>, Marcela Pessoa<sup>1</sup>

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

{wdsml.lic22, fpires, msppessoa}@uea.edu.br

fabrizio.honda@icomp.ufam.edu.br

**Abstract.** This work presents “Optima Corporation”, an educational game to aid in learning and reducing the perception of complexity in “N-Queens”, “Knight’s Walk” and “Shortest Path” optimization problems. The target audience for the game is students enrolled in Algorithm Design and Analysis (ADA) or similar courses, intended for Windows operating systems. We are developing this game using the game engine Unity, and computer science students evaluated its previous version, whose corrections we are incorporating into the current version.

**Resumo.** Este trabalho apresenta “Optima Corporation”, um jogo educacional para auxiliar na aprendizagem e redução da percepção de complexidade nos problemas de otimização de “N-Rainhas”, “Passeio do Cavalo” e “Caminho Mínimo”. O público-alvo do jogo são estudantes matriculados em disciplinas de Projeto e Análise de Algoritmos (PAA) ou semelhantes, destinado a sistemas operacionais Windows. O jogo está sendo desenvolvido através da game engine Unity e sua versão anterior foi avaliada por estudantes de computação, cujas correções estão sendo incorporadas na versão atual.

## 1. Introdução e Justificativa

Em cursos de computação, observam-se altas taxas de evasão e reprovação, sobretudo em disciplinas de programação [Bennedsen e Caspersen 2019]. Entre as possíveis causas estão conteúdos complexos que demandam elevado grau de abstração, dificultando a compreensão dos estudantes [Binsfeld et al. 2009]. Um exemplo é a disciplina de Projeto e Análise de Algoritmos (PAA), que aborda técnicas de ordenação, relações de recorrência, análise de complexidade e problemas de otimização, como N-Rainhas, Passeio do Cavalo e Caminho Mínimo, cujo entendimento não é trivial [Pastre de Oliveira 2024].

Como alternativa, observa-se a utilização de jogos como objetos de aprendizagem para auxiliar no entendimento e minimizar as dificuldades referentes a esses conteúdos de computação [Egenfeldt-Nielsen 2006, Kattenbelt e Raessens 2003]. Esses objetos educacionais contêm características lúdicas que podem proporcionar motivação e engajamento, fomentando seu uso em diversos contextos [Plass et al. 2015]. Diante disso,

também se observa seu uso para auxiliar a minimizar a percepção de complexidade em conteúdos que envolvem problemas de otimização [Melo et al. 2019].

Além disso, é importante considerar teorias de aprendizagem ao construir jogos educacionais, pois podem proporcionar uma aprendizagem efetiva dos estudantes. Diante da complexidade dos problemas de otimização, duas teorias que podem se encaixar bem são: (i) *Narrative Learning* [Bruner 2010], que considera a narrativa como importante para o desenvolvimento cognitivo, podendo trazer um ressignificado para os conceitos, ao torná-los mais lúdicos e incorporando-os em um contexto envolvente; e (ii) Aprendizagem Significativa [Ausubel 1963], na qual os conhecimentos prévios do aprendiz se relacionam com os novos, criando uma âncora de aprendizagem (subsunçor), podendo facilitar uma melhor compreensão do novo conteúdo. Pode ser incorporada ao jogo ao incluir os conteúdos de forma gradativa, com mecânicas que proporcionem o exercício dos conceitos e que se relacionem com cenários do mundo real.

Diante disso, este trabalho propõe “OptimaCorporation”, um jogo educacional para auxiliar estudantes de computação, sobretudo os que estejam cursando a disciplina de PAA ou correlatas, a compreender e reduzir a percepção de complexidade de problemas de otimização. Atualmente, o jogo inclui o problema das N-Rainhas e o Passeio do Cavalo, incorporando as teorias de *Narrative Learning* e Aprendizagem Multimídia.

## 2. Fundamentação

Jogos educacionais trazem uma série de benefícios aos processos de aprendizagem, como socialização, aprendizado por descoberta, efeito motivador, desenvolvimento de habilidades cognitivas, entre outros [Savi e Ulbricht 2008]. Nesse aspecto, pesquisadores têm aplicado jogos educacionais em diversos contextos para auxiliar na aprendizagem de conteúdos curriculares como língua portuguesa, matemática, computação, entre outros [Macedo 2024, Gasparini et al. 2015, Kattenbelt e Raessens 2003]. Além disso, embora não inclua muitos trabalhos na literatura a respeito, nota-se também a proposta de jogos educacionais para auxiliar no entendimento de problemas de otimização, descritos a seguir.

No trabalho de Melo et al. [2019], o jogo educacional “As Aventuras de BiguiO” foi concebido, que aborda problemas computacionais complexos, como o Passeio do Cavalo, N-Rainhas e problemas de cobertura de vértices. A narrativa do jogo envolve o personagem BiguiO, que reside em *Complex City* e precisa resolver problemas lógicos nas *dungeons* para reativar os fragmentos do “Eficiency”, um artefato místico que mantém a cidade em funcionamento com soluções eficientes. O jogo foi avaliado por meio do teste MEEGA+KIDS, cujos resultados demonstraram uma média satisfatória. Estudos futuros incluem aprimorar a arte do jogo, acrescentar mais fases e incluir mais avaliações.

Em Honda et al. [2022], os autores conceberam o “Cadê minha pizza?”: um jogo educacional para auxiliar na aprendizagem de operações básicas matemáticas (adição e subtração) e o caminho mínimo, de forma implícita. O objetivo do jogador é realizar entregas de pizzas pela cidade, devendo conduzir corretamente os entregadores da pizzaria até as residências indicadas no mapa, considerando o custo das rotas e a gasolina dos entregadores para avançar com sucesso. O público-alvo do jogo são finalistas do Ensino Médio e iniciantes de cursos de Computação. O protótipo de média fidelidade do jogo (em Figma) foi avaliado por 23 estudantes, por meio dos testes emoti-SAM (motivação),

SUS (usabilidade) e MEEGA+ (experiência do jogador). Os resultados foram positivos, mas com uma lista de correções que serão incorporadas na versão posterior.

Já em Nascimento et al. [2023], propõe-se o jogo “MyName”, um jogo educacional para auxiliar no entendimento do Problema da Mochila. O jogo é fundamentado na Teoria da Carga Cognitiva e em *Narrative Learning*, cuja história envolve “Andarilha”, que deve reconstruir o universo de *Pandamin*. O jogador deve formar uma palavra, coletando sequencialmente as letras que são detidas pelos monstros. Cada letra possui uma quantidade que o jogador deve considerar para maximizar o valor de sua mochila e não ultrapassar o limite permitido. “MyName” foi avaliado por 26 estudantes de computação por meio do modelo MEEGA+, que demonstraram ter gostado da *gameplay* mas apresentaram dificuldades, principalmente quanto à mecânica e no entendimento do conteúdo. Esse ponto é justificável, visto que a maioria dos estudantes não possuía conhecimento sobre o Problema da Mochila.

As principais diferenças e aspectos inovadores de “OptimaCorporation” estão em: (i) problemas contemplados – o jogo aborda três tipos de problemas de otimização, enquanto os demais focam apenas em um; (ii) Teoria da Aprendizagem Significativa – não presente em nenhum dos três trabalhos, apesar de contemplarem uma ou mais teorias, incluindo o *Narrative Learning*; (iii) a presença de uma narrativa contínua, onde se tem prosseguimento na história após avançar nas fases, presente apenas em Nascimento et al. [2023]; e (iv) a coleta de registros de dados (*logs*) do jogador por meio de *Game Learning Analytics* (GLA), como os problemas, os tempos das fases, quantidade de erros e acertos etc. O modelo GLBoard [Silva et al. 2022] é utilizado para a implementação dessas técnicas de GLA, presente somente em Nascimento et al. [2023] dos correlatos.

### 3. Metodologia

“OptimaCorporation” é um jogo educacional para auxiliar estudantes de computação a compreender e reduzir a percepção de complexidade em problemas de otimização. O jogo foi construído por meio da metodologia de *game design* educacional de Pires et al. [2021], de característica iterativa-incremental, em que cada etapa resulta em um artefato (requisitos, documentação, protótipos, dentre outros). Quatro estudantes de computação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) participaram da avaliação do jogo, cujos resultados indicam que os elementos de aprendizagem foram localizados, mas que há pontos de melhoria, especialmente a clareza das instruções e elementos visuais – como a fonte de texto utilizada. Dessa forma, o jogo está passando por um processo de refinamento para incluir as correções e a adição da fase de “Caminho Mínimo”.

**Aspectos tecnológicos:** o jogo está em protótipo de alta fidelidade, sendo desenvolvido na *game engine Unity* versão 2022.3.50f1, por meio da linguagem de programação C#. “OptimaCorporation” é destinado para sistemas operacionais *Windows*, com o público-alvo sendo estudantes universitários matriculados em disciplinas de PAA ou correlatas, de classificação Livre e gênero *puzzle/aventura*. As interfaces estão sendo construídas com o *software Figma* e seu *Educational Game Design Document* (EGDD) está em elaboração em um arquivo *Google Docs*. As artes foram obtidas por meio dos sites *CraftPix*, *Itch.io* e um aplicativo da *Unity* para geração de personagens *Pixel Art* em *top-down*. A música utilizada no jogo denomina-se “*Gotta Go*”<sup>1</sup>, do artista *Tokyo Music*

<sup>1</sup><https://youtu.be/CX-hVkJwM><https://youtu.be/CX-hVkJwM>

*Walker*, que não possui direitos autorais.

**Fluxo do jogo:** o jogo é acessado pelo Menu Principal (Figura 1(a)), onde o jogador pode acessar as configurações (música/áudio) e uma área de “Sobre”, com informações dos *game designers*. Ao clicar no botão de “Jogar”, acessa a Seleção de Fases (Figura 1(b)). Atualmente o jogo conta com duas fases, cada uma contendo três níveis – a terceira fase está em processo de desenvolvimento. Ao clicar em uma das fases, o jogador acessa a seleção de níveis e pode escolher dentre as três opções disponíveis. No primeiro nível (Figura 1(c)), o jogador é apresentado a um tutorial conectado com a narrativa e progride para os próximos ao vencê-lo.



(a) Tela inicial.

(b) Seleção de fases.

(c) Tela de tutorial.

**Figura 1. Exemplos de telas do jogo: inicial, seleção de fases e tutorial.**

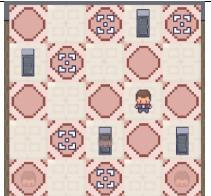
**História:** a narrativa definida para o jogo trata sobre *Optima, uma das maiores empresas de telecomunicações do mundo, que mergulha no caos após um misterioso ataque hacker desativar suas filiais e interromper serviços essenciais em diversas cidades. Alex, filho do fundador e especialista em tecnologia, é convocado para liderar a missão de restaurar as operações e salvar a empresa. Com o apoio de Leo, um engenheiro experiente, e contando com a ajuda de aliados locais em cada unidade, Alex percorre diferentes instalações enfrentando desafios complexos, como: (i) realocação de servidores, (ii) reconexão de estações de trabalho e (iii) otimização das rotas de rede. Ao longo da jornada, ele reúne pistas e supera obstáculos, descobrindo gradualmente a extensão do ataque e a urgência de fortalecer a infraestrutura da Optima.*

**Gameplay:** o objetivo do jogador é solucionar os problemas da corporação após o ataque, restabelecendo as conexões e restaurando o funcionamento dos setores. Cada fase corresponde aos setores da corporação, onde suas ações envolvem movimentação pelo teclado, cliques do mouse e interações específicas, dependendo do nível.

**Mecânica de aprendizagem:** cada fase do jogo corresponde a um problema de otimização específico, sendo N-Rainhas (Fase 1), Passeio do Cavalo (Fase 2) e Caminho Mínimo (Fase 3). Os três problemas foram contextualizados na narrativa e nas mecânicas do jogo, de modo que o jogador os pratique ativamente durante sua *gameplay*. A Tabela 1 apresenta a definição técnica de cada problema, como foi contextualizada no jogo e uma figura ilustrativa. Ressalta-se que a Fase 3 ainda está em processo de desenvolvimento.

**Teorias de aprendizagem:** a *Narrative Learning* foi incorporada, contextualizando os problemas na jornada de Alex para restaurar a paz em “OptimaCorporation”. Nesse aspecto, enquanto avança na narrativa e progride no jogo, o jogador exercita diretamente os algoritmos que solucionam os problemas de otimização (com menos instâncias). Já a Aprendizagem Significativa faz-se presente ao proporcionar um objeto de aprendizagem no qual o objetivo do jogador seja se divertir,

**Tabela 1. Problemas de otimização e suas representações narrativas no jogo.**

| Problema          | Definição Técnica  | Contextualização no Jogo   | Imagem   |
|-------------------|--|--|--|
| N-Rainhas         | Posicionar rainhas em um tabuleiro de forma que não se ataquem em linhas, colunas ou diagonais | Alocar servidores no piso do setor da empresa sem gerar interferência (rainhas → servidores, tabuleiro → chão do setor)    |   |
| Passeio do Cavalo | Percorrer todas as casas do tabuleiro com movimentos em "L", sem repetir posições              | Alex deve visitar todas as estações de trabalho seguindo o padrão do cavalo (cavalo → estações, tabuleiro → chão do setor) |   |
| Caminho Mínimo    | Encontrar o trajeto de menor custo entre dois pontos em uma grade                              | Planejar a rota entre computador e antena com o menor gasto energético (pontos → dispositivos, grade → chão do setor)      |  |

apresentando sequencialmente os conteúdos e relacionando-os com aspectos do mundo real, como servidores, estações de trabalho, rotas de computadores, entre outros, de forma que interajam adequadamente com seus conhecimentos prévios – principalmente vistos em sala de aula.

#### 4. Considerações finais

Altas taxas de evasão e reprovação permeiam os cursos de computação, principalmente disciplinas de programação. Em Projeto e Análise de Algoritmos (PAA), o alto nível de abstração dos conteúdos dificulta a aprendizagem de assuntos como problemas de otimização. Diante disso, este trabalho propõe o “OptimaCorporation”, um jogo educacional cujo objetivo é reduzir a percepção de complexidade dos estudantes em problemas de otimização e auxiliar no entendimento do conteúdo. O jogo aborda os problemas de “N-Rainhas”, “Passeio do Cavalo” e “Caminho mínimo” (em desenvolvimento), destinado a sistemas operacionais *Windows*.

A versão de alta fidelidade do jogo foi avaliada por estudantes de computação, onde se obteve resultados positivos porém com uma série de ajustes. Dentre as limitações destacam-se: (i) poucos avaliadores no teste do jogo; (ii) inserção de uma nova fase (“Caminho Mínimo”) após a avaliação; e (iii) ausência de análise com os dados de GLA – pois ainda não havia sido implementada no momento do *playtesting*. Entretanto, as avaliações possibilitaram *insights* aos *game designers* e um novo ciclo de avaliação será realizado, mitigando as limitações citadas. Trabalhos futuros incluem: (i) prosseguir com o desenvolvimento do jogo, incluindo novas fases e as correções apontadas; (ii) realizar testes com o público-alvo; e (iii) realizar análises com os dados coletados via GLA, utilizando o modelo [Silva et al. 2022].

## Referências

- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning.
- Bennedsen, J. e Caspersen, M. E. (2019). Failure rates in introductory programming: 12 years later. *ACM inroads*, 10(2):30–36.
- Binsfeld, R. L., Watanabe, R., Silva, R. C., e Carelli, I. M. (2009). Alunos como designers: relato de experiência para aprendizagem de linguagens formais e autômatos. In *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*. sn.
- Bruner, J. (2010). Narrative, culture, and mind. *Telling stories: Language, narrative, and social life*, 46:49.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2006). Overview of research on the educational use of video games. *Nordic journal of digital literacy*, 1(3):184–214.
- Gasparini, I., Carvalho, M., e Hounsell, M. (2015). Jogos digitais para alfabetização matemática: Um mapeamento sistemático da produção brasileira. *SBGames: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 430–437.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., e Maia, J. (2022). Cadê minha pizza? um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através de grafos. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 876–885. SBC.
- Kattenbelt, C. e Raessens, J. (2003). 34. computer games and the complexity of experience.
- Macedo, F. H. (2024). A utilização de jogos no processo de ensino da língua portuguesa. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 1(1).
- Melo, D., Pires, F., e de Freitas, R. (2019). As aventuras de biguió: um jogo educacional sobre coberturas e caminhos de rainhas, torres e cavalos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1310.
- Nascimento, L. T., Honda, F., Melo, D., Pessoa, M., Oliveira, E. H., Fernandes, D., e Pires, F. G. (2023). My name: desenvolvimento de um conjunto de mecânicas para abordar o problema da mochila em um jogo educacional. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 888–899. SBC.
- Pastre de Oliveira, G. (2024). Aspectos matemáticos do problema das n-rainhas e a construção do conhecimento por alunos de ciência da computação. *Educação Matemática Pesquisa*, 26(1).
- Pires, F. G. d. S. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Plass, J. L., Homer, B. D., e Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Savi, R. e Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 6(1).
- Silva, D., Pires, F., Melo, R., e Pessoa, M. (2022). Glboard: um sistema para auxiliar na captura e análise de dados em jogos educacionais. In *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 959–968. SBC.