

Formígrafo: um jogo para motivar ao aprendizado de Teoria de Grafos

Ana Clara Correa¹, Alan Lyra¹, Yasmin Barbosa Lima^{1,2}, Geraldo Xexéo¹

¹LUDES - Programa de Engenharia de Sistemas e Computação/COPPE,
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Rua Moniz Aragão 360, Bloco 1 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

²Comunicação Visual Design
Escola de Belas Artes
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Av. Pedro Calmon, 550 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

{anaclara, alanlyra, xexeo}@ufrj.br, arcchi@dcc.ufrj.br

Abstract. *Formígrafo is an educational board game developed in order to motivate students to study Graph Theory, especially the Shortest Path Problem, making use of ludic resources present in the games, allied to a fun theme to play. It is suitable as an introductory game to the theme, in order to motivate and bring questions that will be, in sequence, answered through theory, in a classroom.*

Keywords. *Educational Game, Graph Theory*

Resumo. *Formígrafo é um jogo educacional de tabuleiro desenvolvido com o intuito de motivar alunos ao estudo de Teoria de Grafos, em especial ao Problema do Caminho Mínimo, fazendo uso de recursos lúdicos presentes nos jogos, aliados a uma temática divertida de jogar. Ele é adequado como um jogo introdutório ao tema, de forma motivar e trazer perguntas que serão, em sequência, respondidas por meio da teoria, na sala de aula.*

Palavras chave. *Jogo Educacional, Teoria dos Grafos*

1. Introdução

Este artigo apresenta o jogo Formígrafo, desenvolvido com o intuito de motivar o aprendizado de conceitos de Teoria dos Grafos, em especial ao Problema do Caminho Mínimo.

Motivação é um importante aspecto da Educação, principalmente para assuntos supostamente difíceis. [Howard Bell 1981], colocou a questão enfaticamente: “Há três coisas para lembrar sobre educação. A primeira é motivação. A segunda é motivação. A terceira é (você adivinharam) motivação” [Howard Bell 1981].

Matemática é um dos assuntos considerados mais difíceis pelos alunos e Teoria dos Grafos apresenta características típicas do que é considerado difícil na Matemática, como a alta abstração dos problemas descritos. Dessa forma, é interessante usar técnicas motivacionais para facilitar o processo de ensino-aprendizado nesse assunto [Canavarro et al. 2022].

Formígrafo busca atender essa demanda por meio de um jogo de tabuleiro fácil de aprender e rápido de jogar, adequado ao uso em sala de aula.

2. Fundamentos Teóricos

Jogos educacionais fornecem um meio adicional para aumentar o interesse pelo processo de ensino-aprendizado. Eles podem ser projetados para auxiliar a solução problemas complexos de forma colaborativa, tornar o processo de aprendizagem mais eficiente, obter modelagem preditiva, e obter mais retenção de conhecimento em comparação com os métodos tradicionais [De Lope and Medina-Medina 2017]. Educadores, convencidos de seus benefícios os exploram em suas metodologias [Dimitriadou et al. 2021], já que proporcionam um ambiente interativo, experiencial e experimental, para envolver os alunos e torná-los participantes ativos na própria educação, ajudando a compreender suas experiências comportamentais [Fox et al. 8 01]. Com base nesse contexto, o Formígrafo foi criado.

2.1. Grafos e o Problema do Caminho Mínimo

Um grafo G é uma tupla $G = (V, A)$, onde V é um conjunto não vazio de vértices e A é um conjunto de pares de vértices arestas ou arcos que representam uma ligação entre dois vértices, arestas essas que podem ter um determinado peso (grafo ponderado), que será o custo necessário para percorrê-la, como exemplificado na Figura 1 [de Carvalho 2008]. O problema do Caminho Mínimo consiste em, dado um grafo com pesos nas arestas, obter o caminho de menor custo entre dois vértices [Von Atzingen et al. 2012].

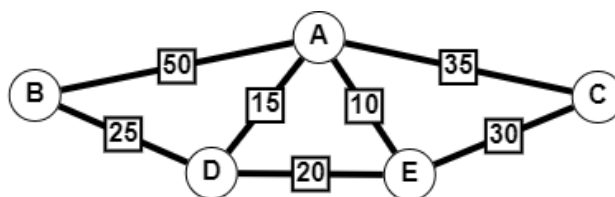


Figura 1: Exemplo de um grafo ponderado não-direcionado.

3. Metodologia

A metodologia usada para concepção conceitual do jogo, criada no LUDES, foi o ENDO-GDC [Xexéo and Taucei 2021], baseado no framework MDA [Hunicke et al. 2004], que considera o jogo composto de: mecânica, que correspondem às regras; dinâmica, que correspondem ao sistema atuando em tempo real; e estética, que a resposta emocional esperada do jogador. Adicionalmente, [Dillon 2010] propõe um diagrama para descrever um jogo, baseado na busca de uma estética composta de 6 emoções e 11 instintos. Diante desse contexto, podemos dividir a metodologia para o desenvolvimento do jogo nas seguintes etapas:

- **definição do conceito do jogo:** Nessa primeira etapa, foram propostas, por meio do **brainstorming**, e discutidas todas as ideias de jogo para o contexto educativo, até ser escolhida a ideia final de caminhar em um grafo para ilustrar o conceito de Caminho Mínimo;
- **definição do MDA:** Nesse passo as regras do jogo foram definidas, incluindo como os jogadores se movimentam pelo tabuleiro ao longo de uma partida até chegar ao objetivo final e as cartas;
- **criação do protótipo:** Nesse passo, foi definida a temática do jogo, bem como o design do tabuleiro e os elementos que o compõem, e

- **avaliação:** Na parte final, o protótipo foi desenvolvido e o jogo foi colocado a prova para uma análise de experiência.

4. Formígrafo

Formígrafo tem sua temática baseada em um formigueiro. O tabuleiro é um ninho subterrâneo, com várias câmaras e túneis que as interligam. Nesse cenário, cada jogador desempenha o papel de uma formiga que tem como objetivo buscar alimento e levá-lo até o Aposento Real, câmara onde a Rainha do formigueiro se encontra.

O formigueiro é uma ilustração de um grafo ponderado onde os vértices equivalem às câmaras do ninho e as arestas, cujos pesos são calculados durante o jogo, equivalem aos túneis.

O jogo é constituído do tabuleiro, Figura 2a, um baralho de 37 cartas, dado de 20 faces e dois marcadores de posição. As cartas são de dois tipos, como na Figura 2b: numéricas, de 1 a 9, representando os pontos que o jogador pode gastar nos movimentos que fará no jogo, podendo ser acumuladas; e especiais, permitindo aumentar ou diminuir pesos das arestas.

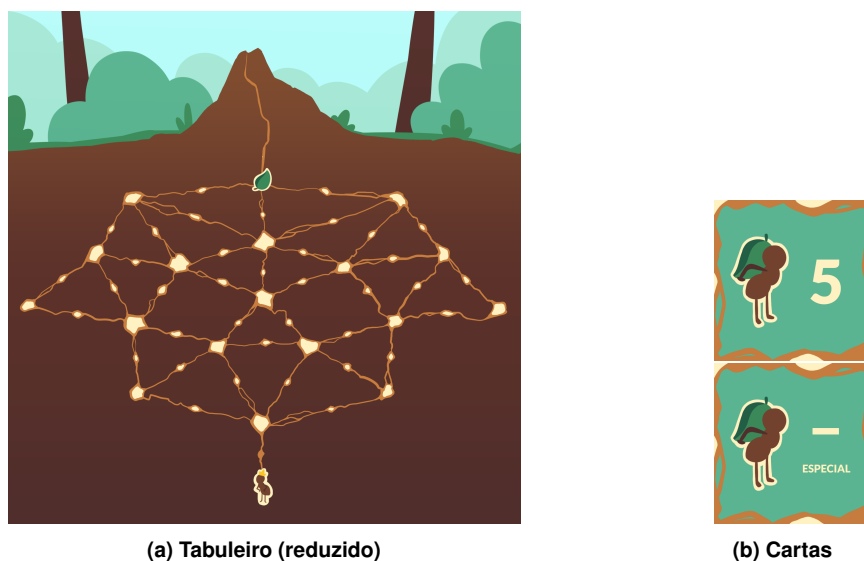


Figura 2: Componentes do Formígrafo.

O jogo se inicia com os dois jogadores localizados nas extremidades laterais do tabuleiro. A cada rodada os jogadores primeiro devem determinar os pesos para cada aresta que sai do local em que passam. Para isso, o jogador joga o dado e escolhe em que aresta colocar o valor obtido, definindo assim o peso da aresta. A seguir devem pegar uma carta e decidir usar imediatamente para se movimentar, possivelmente somando com outras que têm na mão, usar a modificação de valor de aresta em uma aresta qualquer, ou guardá-la para uso futuro e passar a vez.

O objetivo do jogo é ser o primeiro a subir até a casa verde no grafo e depois descer até seu aposento real, vencendo assim a partida.

O intuito do jogo é familiarizar o jogador com conceitos de Teoria dos Grafos, mostrando a tarefa em encontrar ou construir um Caminho Mínimo para chegar de

um ponto a outro do formigueiro. Isso ocorre explicitamente tanto quando o jogador seleciona os pesos para as arestas, pensando em qual caminho precisará percorrer e qual o adversário poderá passar, quanto quando escolhe o caminho que seguirá.

Como apresentado na Figura 3, as mecânicas presentes no jogo são as de pegar carta, sortear valores e alocar valores, que criam o peso das arestas, e pagar “pedágio” para mover. As dinâmicas previstas são a de juntar cartas, para permitir passar por caminhos custosos, e a de escolher o caminho, por base em uma previsão do custo futuro. O jogo competitivo leva o jogador a tomadas de decisões que envolvem não só buscar o caminho de menor custo como também a criar estratégias de atribuições de pesos de forma a prejudicar o adversário. As estéticas previstas são a de identificação com o personagem, levando a competição com o outro personagem. Essa competição pode provocar a agressividade, que leva a atacar o adversário. Ser atacado pelo adversário leva a raiva e a vingança. Vencer a competição leva a alegria, perder leva a tristeza.

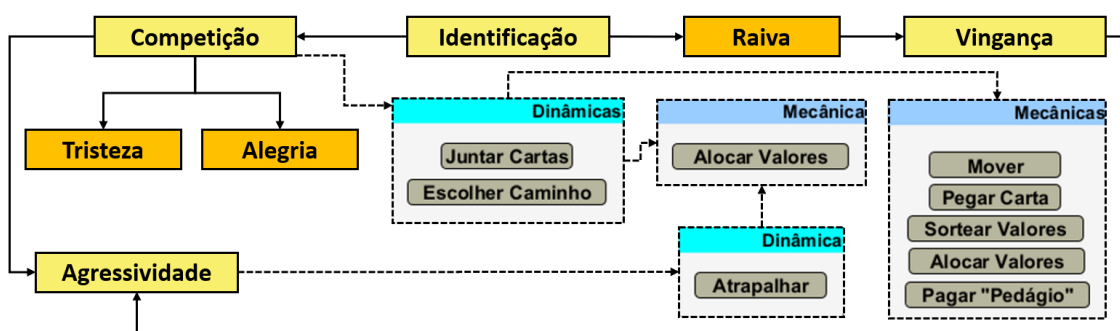


Figura 3: Diagrama 6-11 descrevendo as principais mecânicas, dinâmicas e estéticas.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um jogo capaz de estimular e promover o conhecimento de conceitos de Teoria dos Grafos, fazendo uso de recursos lúdicos presentes nos jogos, aliados a uma temática agradável e divertida para jogar.

O jogo parte da premissa que os sentimentos que proporciona são capazes de motivar a criação de um conhecimento tácito sobre grafos de uma forma natural, já que o aluno/jogador é instado a fazer cálculos e produzir heurísticas que levem a percorrer o caminho da forma mais rápida possível, induzindo o conceito de Caminho Mínimo. Além disso, procura motivar o aluno ao assunto, mostrando como o problema pode aparecer mesmo na Natureza.

Formígrafo permite que os jogadores experimentem emoções e competitividade, que fazem parte do ato de jogar e, ao mesmo tempo, se deparem com conceitos de teoria de grafos de uma maneira implícita, podendo aprender/consolidar conhecimentos desta área. Um grande desafio encontrado na elaboração do jogo foi em como conectar, conceitos de Teoria dos Grafos com um jogo educacional.

Um ponto positivo de Formígrafo é o jogador não poder decorar um caminho mais fácil, visto que a cada partida o melhor caminho pode ser diferente, de acordo com os valores sorteados no dado.

Outro ponto importante é poder explorar os diversos tipos de algoritmos que podem ser aplicados em grafos para percorrer caminhos. Dessa forma, regras adicionais podem ser pensadas para modificar a complexidade do jogo ou direcioná-lo para um assunto específico ligado à Teoria dos Grafos. Em versões futuras, o jogo deverá permitir personalizações do tabuleiro, incluindo conceitos como grafo direcionado.

Diversas outras aplicações da área computacional podem ser exploradas utilizando a temática de Formigueiro e na organização que as formigas têm para mantê-lo.

Por outro lado, o jogo também pode ser adequado facilmente a outros temas, como o transporte de cargas, ou o salvamento de pessoas em risco.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Canavarro, A. P., Albuquerque, C., Mestre, C., and Martins, H. (2022). Recomendações para a melhoria das aprendizagens dos alunos em Matemática.
- de Carvalho, B. M. P. S. (2008). Algoritmo de dijkstra. *Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal*.
- De Lope, R. P. and Medina-Medina, N. (2017). A comprehensive taxonomy for serious games. *Journal of Educational Computing Research*, 55(5):629–672.
- Dillon, R. (2010). *On the Way to Fun: An Emotion-Based Approach to Successful Game Design*. A K Peters Ltd, Natick, Massachusetts.
- Dimitriadou, A., Djafarova, N., Turetken, O., Verkuyl, M., and Ferworn, A. (2021). Challenges in serious game design and development: Educators' experiences. *Simulation & Gaming*, 52(2):132–152.
- Fox, J., Pittaway, L., and Uzuegbunam, I. (2018-01). Simulations in entrepreneurship education: Serious games and learning through play. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 1(1):61–89.
- Howard Bell, T. (1981). Terrell Howard Bell - The College of Education - The University of Utah.
- Hunicke, R., Leblanc, M., and Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, volume 4, page 1722.
- Von Atzingen, J., Da Cunha, C. B., Nakamoto, F. Y., Ribeiro, F. R., and Schardong, A. (2012). Análise comparativa de algoritmos eficientes para o problema de caminho mínimo. *Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. Escola Politécnica*.
- Xexéo, G. and Taucei, B. (2021). Endo-gdc: Projetando jogos educacionais. *Sociedade Brasileira de Computação*.