

Aplicando *learning design* na ludificação de percurso em grafos: uma jornada de aprendizagem

Fabrizio Honda¹, Fernanda Pires¹, Marcela Pessoa¹, Rafaela Melo¹

¹ Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
ThinkTED Lab - Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Educacionais
Manaus – AM – Brasil

{fhf.lic17, fpires, mspessoa, rmf.lic16}@uea.edu.br

Abstract. *Studies indicate that Computing topics learning are complex, and that they require a certain degree of abstraction, so the use of visual tools can help in this process. Thus, educational games have gained space as possible learning environments, however modeling a complex theme in a playful way is a challenge. This work presents a proposal for modeling a playful learning sequence that has as an artifact a set of mechanics of an educational game that deals with path in graphs. The process considered the didactic sequence as level design as well as the Cognitive Load Theory, with regard to human information processing and the four pillars of Computational Thinking in the organization and in what is expected of learning assessment. The artifact was evaluated by Computer Science teachers and the results indicate that although there is a good application of the concepts, the replication of the process can be complex and depends on non-controllable factors.*

Resumo. *Estudos indicam que os temas de Computação são de aprendizagem complexa, e que exigem certo grau de abstração, por isso a utilização de ferramentas visuais podem auxiliar nesse processo. Assim, os jogos educacionais têm ganhado espaço como possíveis ambientes de aprendizagem, entretanto a modelagem de um tema complexo de forma lúdica é um desafio. Este trabalho apresenta uma proposta de modelagem de uma sequência de aprendizagem lúdica que tem como artefato um conjunto de mecânicas de um jogo educacional sobre percurso em grafos. O processo considerou a sequência didática como level design bem como a Teoria da Carga Cognitiva, no que diz respeito ao processamento humano da informação e os quatro pilares do Pensamento computacional na organização e no que se espera de avaliação de aprendizagem. O artefato foi avaliado por professores de Computação e os resultados indicam que embora exista uma boa aplicação dos conceitos a replicação do processo pode ser complexa e depende de fatores não controláveis.*

1. Introdução

Em disciplinas de Computação nos cursos superiores, conteúdos complexos e abstratos são um dos motivos que culminam nas altas taxas de evasão e reprovação [Neto 2021, Giraffa & Mora 2013]. Por exemplo, “Matemática Discreta”, “Linguagens Formais e Autômatos”, “Teoria da Computação” e “Teoria dos Grafos” apresentam em suas ementas conteúdos complexos e características formais como teorias, estruturas abstratas, provas de teoremas, que geram dificuldades em seu entendimento por parte dos estudantes

[Binsfeld et al. 2009]. Ademais, a curva de aprendizagem tende a aumentar ao longo destas disciplinas, que costumam exigir conhecimentos de conceitos prévios para o próximo conteúdo, causando um efeito “bola de neve” aos que não os compreenderam.

Os jogos podem ser alternativas para contornar a complexidade dos conteúdos de Computação, o que levou ao desenvolvimento de vários desses objetos de aprendizagem nos últimos anos [Battistella et al. 2016, Cardoso et al. 2015]. Estes vêm ganhando espaço nos processos de aprendizagem, pois promovem engajamento e motivação, possibilitando ao jogador adquirir novos conhecimentos e habilidades enquanto se diverte [Battistella et al. 2016, Pires et al. 2018].

Entretanto, modelar um tema computacional complexo de forma lúdica não é trivial e muitos jogos educacionais não levam em consideração as teorias de aprendizagem em suas concepções, além da dificuldade em conectar o *game design* ao *design* de aprendizagem [Ribeiro et al. 2015, Honda et al. 2020, Plass et al. 2015], o que pode definir se os jogos irão ou não atingir seus verdadeiros potenciais de aprendizagem. Para que isso seja possível, deve-se considerar aspectos cognitivos, emocionais, socioculturais e afetivos, que podem ter ênfases diferentes de acordo com cada proposta [Plass et al. 2015].

O presente trabalho objetiva responder a seguinte questão de pesquisa: De que forma é possível ludificar um tema complexo de Computação – no caso, Teoria dos Grafos – através de um jogo educacional? Para isso, o trabalho detalha toda a sequência didática que resultou no conjunto de mecânicas de um jogo educacional, que contempla percurso em grafos, caminho mínimo e elaboradas de acordo com a Teoria da Carga Cognitiva e os quatro pilares do Pensamento Computacional. A organização do artigo divide-se em: seção 2 - trabalhos relacionados, seção 3 - fundamentação teórica e sequência didática, seção 4 - resultados e discussões e seção 5 - considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Considerando o potencial dos jogos para aspectos educacionais e as metodologias para desenvolvê-los, o trabalho de Melo et al. [2020] trata-se de um Mapeamento Sistemático da Literatura cujo objetivo é identificar metodologias de desenvolvimento de jogos educacionais, as teorias aplicadas e suas vantagens para os processos de aprendizagem. Resultados do trabalho revelam que metodologias e teorias podem trazer resultados melhores à aprendizagem, entretanto, há a ausência de um padrão no processo de criação de jogos e muitos trabalhos não indicam os fatores que implicaram em suas conclusões e nem como seus jogos foram avaliados.

Honda et al. [2020] descrevem as lições aprendidas durante o processo de desenvolvimento de jogos educacionais na perspectiva de um estudante de Licenciatura em Computação. O estudante construiu um jogo para a aprendizagem de Autômatos Finitos Determinísticos no âmbito de uma disciplina do curso. Os autores relataram dificuldades quanto ao tempo para as atividades e a complexidade na definição da mecânica de aprendizagem, que exigiu conhecimentos do tema de Computação abordado e de teorias de aprendizagem.

Pires et al. [2019] elaboraram EcoLogic, um jogo educacional que visa auxiliar no desenvolvimento do Pensamento Computacional (P.C.) através da jornada de herói da personagem Sofia. Para construir o level design do jogo, levou-se em consideração a

estrutura cognitiva humana, elementos de jogos e os quatro pilares do P.C., através de um processo de desenvolvimento baseado em metodologias ágéis. Foi necessário um alicerce dos principais elementos de jogos – storytelling, interface, mecânica e gameplay – para incorporar o P.C. ao jogo, de acordo com o processamento de informação. A avaliação do software foi feita por estudantes de cursos de graduação em Computação, que propuseram sugestões de melhorias.

O desenvolvimento de jogos educacionais tem diversas contribuições tanto para o público-alvo quanto para os autores e estudos nesta área vem crescendo cada vez mais. No entanto, é possível notar que a criação desses jogos não é trivial e demanda estudos de *game design*, teorias de aprendizagem e do conteúdo abordado. Muitos trabalhos não consideram o processo avaliativo e há uma carência no que tange a incorporação do P.C., prejudicando o potencial de aprendizagem. Este trabalho, portanto, apresenta uma sequência didática que inclui a Teoria da Carga Cognitiva e os quatro pilares do Pensamento Computacional, resultando em um conjunto de mecânicas de um jogo educacional que trata sobre percurso em grafos.

3. Inserindo uma sequência didática em um jogo educacional

Para “encaixar” o tema de Computação aos elementos de jogos, algumas etapas são essenciais para garantir que o jogo será realmente eficiente para a aprendizagem. Estas etapas são: concepção, ludificação e avaliação (Figura 1), compondo uma sequência didática que foi baseada no processo de desenvolvimento de jogos educacionais de Pires [2021]. Uma sequência didática consiste numa organização encadeada em etapas para atingir um determinado objetivo e geralmente estruturam-se por uma seção de abertura, seguida por “módulos” e finalizando com uma produção final [Araújo 2013].

Inicialmente define-se o problema de aprendizagem e, a partir dele, delimita-se o público-alvo, o tema e o conteúdo a serem trabalhados, compondo a etapa de concepção. Em seguida, inicia-se de fato a sequência didática com a ludificação, que contempla a elaboração dos elementos de jogos: história, *gameplay*, mecânica de aprendizagem, *level design*, gráfico de ritmo, teorias de aprendizagem, estética e arte, etc. Por fim, a avaliação inclui a aplicação de testes com o propósito de identificar possíveis falhas e melhorias para aprimorar o jogo. Dependendo dos resultados, pode-se retornar para uma das etapas anteriores; caso contrário, o artefato final é concluído: um jogo educacional. Para fins demonstrativos, as etapas descritas a seguir estão acompanhadas com exemplos, correspondentes aos artefatos gerados após a execução da sequência didática.

3.1. Concepção

A concepção é a etapa que antecede a sequência didática e seu primeiro passo consiste na definição do problema de aprendizagem. A partir dele, é possível delimitar quem é o público-alvo, qual o tema abordado e o conteúdo específico a ser trabalhado. Por exemplo, observa-se que em disciplinas que tratam sobre Teoria dos Grafos – presentes em cursos superiores de graduação –, há uma dificuldade de aprendizagem por parte dos estudantes, cuja compreensão dos conteúdos é complexa e não trivial [Figueiredo and Figueiro 2011, Santos and Ferreira 2021]. Desta forma, identificou-se o problema de aprendizagem (complexidade dos conteúdos em Teoria dos Grafos) e o público-alvo (estudantes de cursos de graduação em Computação). Entretanto, o tema

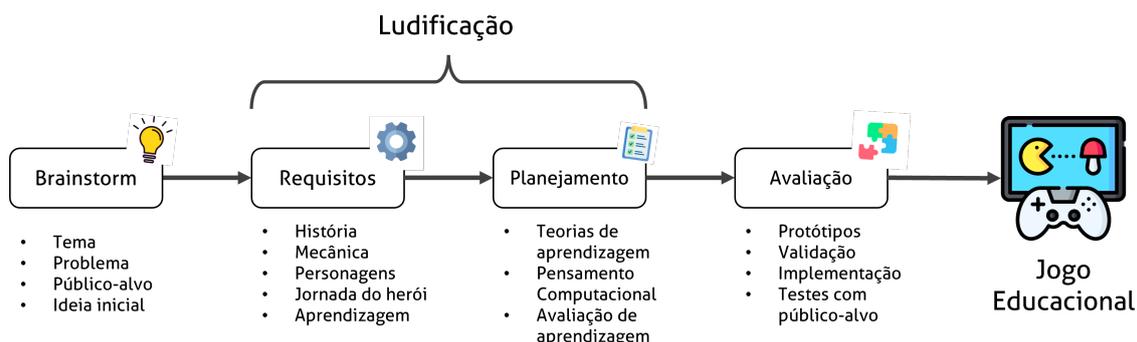


Figura 1. Etapas de elaboração do artefato.

abrange muitos conteúdos, sendo necessário uma delimitação para o escopo do trabalho. Neste caso, optou-se por incorporar o Problema do Caminho Mínimo (PCM).

3.2. Ludificação

A etapa de ludificação consiste em construir os elementos de jogos ao tema computacional. Sua composição foi feita através de uma documentação de game design que inclui os aspectos de aprendizagem: o *Educational Game Design Document* (EGDD).

Os primeiros elementos a serem definidos são a história e a *gameplay*, que compõem o *core* (núcleo) do jogo. Para a história, a narrativa elaborada levou em consideração uma rotina do público-alvo, que se intensificou durante o isolamento social em decorrência da pandemia da *COVID-19*: a entrega de comida (*delivery*). Com isto criou-se a temática do jogo, que se ambienta numa cidade e possui uma pizzaria, estabelecimentos e ruas. Já para a *gameplay*, pensou-se em realizar entregas de pizza nestes locais, cujos entregadores são controlados pelo jogador por toques na tela do *smartphone*. A atividade de *brainstorm* e rascunhos em papel (ou digitais) são comuns nesta etapa, pois resultam nos primeiros esboços do jogo (Figura 2).

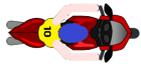


Figura 2. Rascunhos iniciais do jogo: em papel e digital

Em seguida, deve-se definir a mecânica de aprendizagem, que consiste na etapa mais complexa da sequência. A recomendação para tal é um estudo minucioso do conteúdo escolhido, de mecânica de jogos e de teorias de aprendizagem. Para esta sequência didática, a mecânica de aprendizagem definida consiste em: o jogador dispõe de alguns entregadores e, através de toques na tela, deve entregar corretamente pizzas pelas residências da cidade; cada entregador possui uma quantidade de gasolina e cada

rota exige um certo consumo dessa quantidade. Dessa forma, para vencer a fase, o jogador deve escolher as rotas menos custosas, selecionando os entregadores mais adequados para cada entrega. Assim, praticando o conteúdo de caminho mínimo através de estrutura de grafos, cujos elementos de jogos estão associados (Tabela 1).

Tabela 1. Elementos do jogo e correspondências em grafos.

Elemento	Nome	Função
	Pizzaria	Vértice inicial
	Local sem identificador	Vértice de transição
	Local com identificador	Vértice para cálculo do caminho mínimo
	Rua	Aresta
	Custo de gasolina até um local	Peso da aresta
	Entregador	Elemento que irá caminhar pelo grafo

Tendo história, *gameplay* e mecânica de aprendizagem definidas, chega-se no momento de criar as fases do jogo, denominado *level design*, é quando se define como os elementos serão dispostos nas fases e como elas se diferem visualmente. O recomendado é estruturar as fases de forma proporcional, ou seja, a complexidade para resolvê-las e as recompensas estejam de acordo com a progressão do jogador: quanto mais difícil, mais as bonificações que recebe por solucioná-las. Nesta sequência didática, a primeira fase consiste em um tutorial, necessária para auxiliar o jogador a compreender a mecânica do jogo, cuja resolução é simples. Já as fase seguintes, possuem cada vez mais elementos de jogos – residências (vértices) e ruas (arestas) – e as soluções do jogador o recompensam com estrelas, de acordo com sua performance.

É importante que o *level design* esteja de acordo com a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) de John Sweller (2003), na qual a aprendizagem é intensificada quando há alinhamento com o processo cognitivo humano. A TCC considera que um ser humano não consegue processar muitas informações em sua memória de trabalho por muito tempo. George Miller (1956) comprova este fato com o trabalho de “*The Magic Number of 7*”(o mágico número 7), cuja pesquisa indica que sistema cognitivo do ser humano consegue processar somente 7 ± 2 *chunks* (pedaços) de informação ao mesmo tempo; exceder estes limites prejudica a aprendizagem e sobrecarrega a estrutura cognitiva [Santos and Tarouco 2007].

Portanto, durante a construção do jogo, deve-se utilizar a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) de Richard Mayer (2002), para que o jogo esteja

adequado para potencializar o aprendizado e não sobrecarregar o estudante cognitivamente. A TCAM relaciona-se aos estímulos por textos, imagens, vídeos, animações, etc., que integram o aprendizado com a memória de longo prazo [Macena et al. 2019, Almeida et al. 2014]. A tabela 2 contém os princípios¹ que o jogo atende, após a elaboração de seu *level design*.

Tabela 2. Elementos do jogo e correspondências em grafos.

Princípio	Definição	Localização no jogo
Coerência	As pessoas aprendem melhor quando palavras, imagens ou sons estranhos são excluídos ao invés de incluídos	Os elementos visuais e sonoros presentes no jogo são completamente relevantes para seus contextos inicial
Sinalização	As pessoas aprendem melhor quando há a presença de sinais/dicas com destaque aos elementos essenciais	O tutorial explica a mecânica do jogo ao jogador e indica exatamente para onde ele deve olhar, através da técnica de subtração com formas
Redundância	As aprendem melhor com gráficos e narração do que gráficos, narração e texto na tela	O jogo faz uso de imagens, sons e textos somente quando necessário, e em pouca quantidade, evitando assim uma sobrecarga ao usuário
Contiguidade	As pessoas aprendem melhor quando as palavras e imagens presentes estão próximas, e não distantes	No jogo, o tutorial apresenta imagens e textos próximos e relacionados, com suas indicações. O usuário realiza esta associação facilmente.
Segmentação	As pessoas aprendem melhor quando os conteúdos estão segmentados no ritmo do usuário, ao invés de uma unidade contínua	As primeiras fases do jogo trabalham com um único conteúdo: solução com menor caminho. Assim, não sobrecarregando o usuário com mais de um conteúdo
Pré-Formação	As pessoas aprendem melhor quando conhecem nomes e características dos principais conceitos	O contexto do jogo aplica-se ao dia a dia, remetendo ao jogador cenários e elementos aos quais conhece seu nome e características

É necessário também que o *level design* leve em consideração o desenvolvimento do Pensamento Computacional (P.C.), uma habilidade que permite a solução de problemas complexos de forma mais simples e fundamental para todos [Wing 2006]. De acordo com a estruturação da BBC [2018], o P.C. pode ser dividido em 04 pilares principais: decomposição (dividir o problema em pedaços menores), reconhecimento de padrões (identificar um padrão nestes pedaços), abstração (focar-se somente no que é relevante) e algoritmo (passo a passo para resolver o problema). Na proposta do jogo, os pilares são trabalhados da seguinte forma: decomposição - jogador observa os elementos principais

¹<https://bit.ly/3PjqUQi>

da fase, sendo pizzaria, residências, ruas, custos e gasolina e entregadores; reconhecimento de padrões - cada entregador é selecionado por vez e sua gasolina diminui até ir a uma residência; abstração - todas as entregas devem ser feitas para vencer a fase, as rotas mais curtas são parte da solução e deve-se escolher o entregador correto; e algoritmo - o jogador analisa as rotas, procurando pelo caminho mais curto e analisando qual o entregador mais adequado até lá.

Para encerrar a etapa de ludificação, deve-se criar o gráfico de ritmo. Este lista e detalha os elementos de jogo de acordo com a jornada do herói, como: coletáveis, perigos, sistema de pontuação, loja, power-ups, inimigos, personagens, mundo do jogo, etc. Estes elementos de jogos não são obrigatórios e podem existir ou não, dependendo do contexto do jogo. Tendo o gráfico de ritmo finalizado, já é possível prototipar o jogo para testá-lo, seja em papel ou utilizando alguma ferramenta – como o Figma ou o Adobe XD. A estética e arte do jogo pode ser definida neste ponto, onde as interfaces começam a ser elaboradas.

3.3. Avaliação

Após a finalização do protótipo, chega-se no momento de convidar testadores para avaliar o jogo. Apesar de ser interessante testá-lo com o público-alvo, não é imprescindível neste primeiro teste, pois qualquer pessoa pode trazer feedbacks valiosos de sua perspectiva para o jogo. No caso do protótipo deste trabalho, os testes não foram realizados com o público-alvo mas possibilitaram dados consideráveis e outra visão acerca do jogo.

Os testes foram divididos em dois momentos: i) avaliação com docentes de Computação e ii) avaliação com estudantes de cursos de Computação/Informática. A avaliação com os docentes teve o intuito de verificar se o jogo apresentava conformidade quanto aos conteúdos, contidos em disciplinas que estes profissionais lecionam; já com os estudantes, analisar se estes conseguiam associar os conteúdos vistos em sala de aula com o jogo educacional. Com os docentes utilizou-se testes exploratórios e questões qualitativas, e com os estudantes a avaliação se deu via Google Forms e os testes utilizados foram: SUS [Brooke 1996] e MEEGA+ [Petri et al. 2019].

Os testes possibilitaram a identificação de inconsistências no jogo, inclusive no próprio game design. Por estar em versão de protótipo, esta avaliação possibilita o game designer a realizar mudanças significativas no jogo. Caso já estivesse implementado em uma *game engine*, o trabalho para modificá-lo seria muito mais exaustivo e demorado. Neste ponto, se o jogo apresentou resultados positivos e poucas mudanças necessárias, pode-se iniciar o processo de implementação na *game engine*. Caso contrário, retornar para a concepção ou ludificação. Após a implementação deve-se avaliar novamente o jogo, cujos testes são necessários com o público-alvo.

4. Resultados e discussões

A sequência didática resulta em um conjunto de mecânicas de um jogo educacional. No presente trabalho, o artefato produzido foi um jogo educacional para desenvolver habilidades e competências de Pensamento Computacional e Grafos, cujo público-alvo são estudantes iniciantes de cursos superiores de Computação. O objetivo do jogador é entregar pizzas em determinados locais, utilizando as rotas que custam menos gasolina e escolhendo corretamente os entregadores para cada entrega. A figura 3 a seguir ilustra as fases do jogo.



Figura 3. Fases do jogo

A Teoria dos grafos consiste de um tema complexo, e para diminuir essa complexidade, foi necessário decompor em partes e pensar em como encaixá-lo nos elementos de jogos. A criatividade junto ao estudo dos conteúdos e de teorias de aprendizagem, possibilitaram essa conexão entre o *game design* e os aspectos educacionais, resultando nos elementos de jogos presentes na Tabela 3. Ademais, os resultados das avaliações com os docentes de Computação e estudantes de cursos de Computação possibilitaram a identificação de inconsistências e melhorias no jogo educacional.

Tabela 3. Elementos de jogos presentes no jogo

Elemento de jogo	Aplicação no jogo
Historia	Um grupo de amigos fundou uma pizzeria e precisam se ajudar para mantê-la.
Gameplay	O jogador é responsável por organizar as entregas das pizzas, devendo enviar cada entregador corretamente para seu destino.
Mecânica	O jogo possui uma cidade com uma pizzeria, estabelecimentos, ruas conectadas e seus custos de gasolina. O objetivo do jogador é verificar quais as rotas mais curtas para realizar as entregas e selecionar o entregador mais adequado, dado sua quantidade de gasolina disponível.
Regras	Os movimentos do jogador na cidade estão limitados pela quantidade de gasolina de cada entregador, devendo pensar na melhor forma de realizar as entregas sem que a gasolina acabe.
Recompensa	A solução em que o jogador consegue realizar todas as entregas corretamente o recompensa com a pontuação máximas.
Progressão	Ao passo em que o jogador vai solucionando as fases, estas vão ficando cada vez mais difíceis, com mais lugares de entrega, ruas e entregadores.
Mapas	Cada fase corresponde a um local específico da cidade, cujo cenário e disposição de elementos se diferencia.
Personagens	Existem personagens no jogo que interagem com o jogador, entregando novas missões e auxiliando-o na gameplay
Narrativa	Ao avançar no jogo, a história vai se desenvolvendo com a interação dos personagens com o jogador e novos desafios surgindo.

Para verificar se a sequência didática – cujo tema abordado não é trivial e de alta complexidade – estava adequada, dois professores do Núcleo de Computação da Universidade do Estado do Amazonas (NuComp/UEA) foram convidados para avaliá-la. O

primeiro docente que avaliou a sequência foi o X1, Doutor em Ciência da Computação, Possui mais de 23 anos no Magistério Superior, é professor da Universidade do Estado do Amazonas, onde ministra disciplinas de Computação como “Introdução à Programação”, “Algoritmos e Estrutura de Dados”, “Projeto e Análise de Algoritmos”, etc. Participa também de um laboratório de P&D, onde possui experiência com jogos digitais. Em seguida, o próximo docente a avaliar a sequência foi o Prof X2, que possui doutorado em Recuperação da Informação, mestrados em Matemática e Computação / Ciência da Computação e Inteligência Artificial, professor na UEA cujas disciplinas ministradas incluem “Algoritmo e Estrutura de Dados”, “Inteligência Artificial”, “Teoria dos Grafos”.

Optou-se pela utilização da avaliação de especialistas através de testes exploratórios e coleta de *feedback* de forma qualitativa qualitativas, fazendo-se uso de entrevista aberta semi estruturada via áudio. Possibilitando assim que os docentes expressassem-se livremente e sem interrupções para anotações, por exemplo. Ao total, 05 questões foram elaboradas, visando obter *feedbacks* acerca dos conteúdos educacionais presentes no jogo. Estas foram: q1) O que você achou do level design? Algo ficou confuso? q2) É possível visualizar/abstrair a estrutura de grafos no jogo? q3) As fases incluem grafos ponderados? q4) O problema do caminho mínimo é trabalhado corretamente nas fases? q5) Você tem mais alguma consideração?

Em relação a q1, os docentes apresentaram aceitação do *level design*, cujo cenário é simples de compreender. Uma parte pequena do cenário ficou confusa, pois as curvas estão retas, precisando ser modificadas. Uma sugestão dada foi a de adicionar indicativos no caminho para deixar claro porque algumas ruas consomem mais combustível que outras, como: ladeira, buracos, etc. No que trata sobre grafos na q2, houve concordância total, cujos comentários incluem “um exemplo clássico de grafo” e “está bem identificado”. Os docentes abstrairam com facilidade que a cidade corresponde a um grafo: nó/vértice - pizzaria/residências, arestas - ruas e gasto de combustível - pesos.

Sobre a presença de grafos ponderados na q3, os docentes conseguiram visualizar que as fases abordam estas estruturas: custos de gasolina para transitar entre os locais, correspondentes aos pesos de um grafo. Os docentes também concordaram com a q4, sobre o caminho mínimo sendo trabalhado corretamente nas fases. Os elementos do jogo permitem o jogador a chegar nesta solução, não necessariamente precisando conhecer o algoritmo que encontra o caminho mínimo, mas sim, utilizando as operações matemáticas. As considerações dos docentes na q5 incluem: adição de uma fase “livre” onde o jogador possa construir sua própria fase (*level maker*) e depois validá-la, podendo ser incluída futuramente no jogo; e considerar o tempo também como outra métrica além da gasolina para mais possibilidades de avaliar a performance do jogador.

Nos testes com os estudantes de Computação, um total de 23 pessoas avaliaram o jogo, das quais 90% estavam em cursos relacionados a Computação. Em relação à q1, os dados dos estudantes estão relacionados com o dos professores, no que diz respeito ao level design e cenário. Uma aprovação de 98% sobre “Estética” revela que os testadores acharam o design do jogo atraente que os textos, cores e fontes combinam. Quanto à q2, sobre a aprendizagem da disciplina e seus conteúdos, 70% de aprovação em “percepção de aprendizagem” e poucos testadores (27,3%) relataram precisar ter aprendido novas coisas para usar o sistema. Estes números reforçam a afirmação dos docentes, cuja concordância foi mútua em relação à presença e utilização da estrutura de grafos no jogo. Sobre q3

e q4 – grafos ponderados e caminho mínimo –, a maioria dos testadores aponta o jogo como relevante para seus interesses, cuja relação com a Teoria dos Grafos está explícita. Ademais, na questão “O que você aprendeu jogando esse jogo?”, as palavras mais utilizadas pelos testadores foram: “grafo”, “rota”, “caminho mínimo” e “dijkstra”. Desta forma, as questões estão de acordo com as observações dos docentes. Quanto à q5, os docentes sugeriram novas mecânicas, o que pode ser complementado por alguns feedbacks dos estudantes: i) regras não estavam bem definidas; ii) jogo pouco desafiador; iii) mecânicas repetitivas.

Apesar dos resultados positivos apontados pelos docentes e estudantes de Computação, diversas inconsistências foram identificadas durante as avaliações. Tais fatores revelam que, apesar da sequência didática ter sido desenvolvida por um finalista de curso de graduação em Computação e com experiência em desenvolvimento de jogos – principalmente educacionais –, ainda houve a presença destas inconsistências. Ou seja, compor uma mecânica de aprendizagem com um tema de Computação complexo – neste caso, grafos com caminho mínimo – levando em consideração elementos de jogos, teorias de aprendizagem e P.C. não é trivial e consiste de um processo complexo que demanda estudos minuciosos.

5. Considerações finais

Apesar dos jogos educacionais serem objetos valiosos para o processo de aprendizagem, sua concepção para temas de Computação pode ser complexa, somado ao fato da não consideração das teorias de aprendizagem por parte de alguns autores na Literatura. Desta forma, o objetivo deste trabalho visou apresentar uma sequência didática de forma lúdica para criação de mecânicas de um jogo educacional que aborda o tema de grafos.

É possível observar que o jogo educacional passou por várias avaliações ao longo de seu processo de construção. Apesar do autor ser de um curso de Computação e ter experiência com o conteúdo, a definição da mecânica de aprendizagem não foi trivial. Estes fatos reforçam a necessidade de estudos minuciosos no tema e conteúdo que vai ser trabalhado e nas teorias de aprendizagem.

O resultado desta sequência didática foi um jogo educacional que trabalha de forma transversal com percurso em grafos e caminho mínimo, no qual o jogador exercita operações matemáticas e desenvolve o P.C.. Avaliações do jogo com docentes de Computação que ministram disciplinas que abordam estes conteúdos, apontam resultados positivos e sugestões. No geral, os testes também foram positivos com os estudantes, no entanto, muitas inconsistências foram identificadas. Trabalhos futuros incluem melhorar o jogo e testá-lo com o público alvo visando atingir seus objetivos de aprendizagem, e compará-lo com o método tradicional de aprendizagem para avaliar a sua eficiência.

Referências

- Almeida, R. R., Chaves, A. C. L., Coutinho, F. Â., and Araújo Júnior, C. F. d. (2014). Avaliação de objetos de aprendizagem sobre o sistema digestório com base nos princípios da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20:1003–1017.
- Araújo, D. L. d. (2013). O que é (e como faz) sequência didática? *Entrepalavras*, 3(1):322–334.

- Battistella, P. E. et al. (2016). Engaged: Um processo de desenvolvimento de jogos para ensino em computação.
- BBC (2018). Introduction to computational thinking. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>.
- Binsfeld, R. L., Watanabe, R., Silva, R. C., and 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.
- Brooke, J. (1996). Sus: a “quick and dirty” usability. *Usability evaluation in industry*, 189(3).
- Cardoso, R., Santos, O., and Gatti, D. C. (2015). Revisão sistemática de objetos de aprendizagem para o ensino de computação. *Anais temporários do LACLO 2015*, 10(1):389.
- Figueiredo, R. T. and Figueiro, C. (2011). Wargrafos—jogo para auxílio na aprendizagem da disciplina de teoria dos grafos. *X Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2011)*.
- Giraffa, M. M. and Mora, M. d. C. (2013). Evasão na disciplina de algoritmo e programação: um estudo a partir dos fatores intervenientes na perspectiva do aluno. In *Congressos CLABES*.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and de Oliveira, E. H. T. (2020). Lições aprendidas em computação através da criação de um jogo educacional: entre automatos e design de aprendizagem. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1753–1762. SBC.
- Macena, J., Melo, G., Lais, R., Pires, F., and Pessoa, M. (2019). Gramágica: um jogo educativo para praticar classificaç ao silábica através do pensamento computacional.
- Melo, R., Pires, F., Lima, P., Pessoa, M., and de Oliveira, D. B. F. (2020). Metodologias para a criação de jogos educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 572–581. SBC.
- Neto, V. D. A. (2021). Uma análise sobre reprovação no curso de ciência da computação na ufrgs sob a ótica dos alunos.
- Petri, G., von Wangenheim, C. G., and Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):52–81.
- Pires, F., Honda, F. F., Silva, G., Melo, R., de Freitas, R., and Pessoa, M. (2019). A game proposal to develop computational thinking and environmental awareness. *Journal on Computational Thinking (JCThink)*, 3(1):111.
- Pires, F. G. d. S. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Pires, F. G. d. S., Melo, R., Machado, J., Silva, M. S., Franzoia, F., and de Freitas, R. (2018). Ecologic: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional e da consciência ambiental. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 7, page 629.

- Plass, J. L., Homer, B. D., and Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Ribeiro, R. J., Junior, N. S., Frasson, A. C., Pilatti, L. A., and da Silva, S. d. C. R. (2015). Teorias de aprendizagem em jogos digitais educacionais: um panorama brasileiro. *Renote*, 13(1).
- Santos, A. V. and Ferreira, A. B. (2021). Formigas em grafo: Um jogo educacional para apoio ao ensino e aprendizagem dos algoritmos de busca em largura e busca em profundidade. In *Anais da IX Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí*, pages 59–66. SBC.
- Santos, L. M. A. and Tarouco, L. M. R. (2007). A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. *Renote*, 5(1).
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.