

Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial

Enigmas de Yucatàn: Digital Educational Resource for Teaching Spatial Geometry

Leandro Marques Queiros
Universidade Federal de Pernambuco
ORCID: [0000-0002-3527-5456](https://orcid.org/0000-0002-3527-5456)
lmq@cin.ufpe.br

Alex Sandro Gomes
Universidade Federal de Pernambuco
ORCID: [0000-0003-1499-8011](https://orcid.org/0000-0003-1499-8011)
asg@cin.ufpe.br

José Wilson Pereira
Universidade Federal de Pernambuco
ORCID: [0000-0001-7948-6071](https://orcid.org/0000-0001-7948-6071)
jwp@cin.ufpe.br

José Aires de Castro Filho
Universidade Federal do Ceará
aires@virtual.ufc.br

Ernani Martins dos Santos
Universidade de Pernambuco
ORCID: [0000-0002-3824-986X](https://orcid.org/0000-0002-3824-986X)
ernani.santos@upe.br

Djalma Fernandes da Silva Neto
Universidade Federal de Pernambuco
djalmafneto@gmail.com

Resumo

No ensino da geometria espacial, a perspectiva de resolução de problemas é fundamental, pois permite ao estudante colocar-se diante de questionamentos e pensar criticamente, possibilitando o desenvolvimento do raciocínio lógico e espacial, e não apenas o uso de fórmulas, dando ênfase à visualização de situações geométricas e à sua representação no plano. O objetivo do presente trabalho é avaliar a qualidade educacional do jogo para dispositivos móveis Enigmas de Yucatàn, que visa propiciar situações didáticas para o ensino de transformações espaciais. Para isso, adotamos técnicas de avaliação da qualidade de softwares educativos. Os sujeitos envolvidos na pesquisa foram seis professores de Matemática e 11 estudantes do Ensino Médio, que utilizaram o jogo e, em seguida, preencheram um formulário de avaliação. Um terceiro grupo foi composto por três especialistas em materiais educacionais, que analisaram a conformidade dessa ferramenta em relação à legislação educacional brasileira no que tange à veiculação de conteúdos em materiais didáticos. Os resultados evidenciam que o jogo produzido está em conformidade com a legislação, sendo percebido por professores e alunos relevantes para a prática do ensino e da aprendizagem das noções de transformações geométricas espaciais.

Palavras-Chave: Jogos Educacionais; Ensino de Geometria; Base Nacional Comum Curricular.

Abstract

In teaching Spatial Geometry, the perspective of problem-solving is fundamental, as it allows the student to face questions and think critically, enabling the development of logical and spatial reasoning and not just the use of formulas, emphasizing the visualization of situations, geometric shapes and their representation in the plane. The objective of the present work is to evaluate the educational quality of the educational game Enigmas de Yucatàn for mobile devices, which aims to provide didactic situations for teaching spatial transformations. We adopt educational software quality assessment techniques. The subjects were 6 Mathematics teachers and 11 high school students who used the game and then filled out an evaluation form. A third group was composed of 3 specialists in educational materials who analyzed the compliance of the materials concerning the Brazilian educational legislation regarding the placement of contents in educational materials. The results show that the material produced complies with the law, being perceived by teachers and students as a relevant, relevant and effective material for teaching and learning the notions of spatial geometric transformations.

Keywords: Educational Games; Teaching of Geometry; Base Nacional Comum Curricular.

1 Introdução

O ensino de Geometria foi impulsionado no final do século passado, em todos os níveis de formação, e passou por diversas fases nas últimas décadas, como aponta Pires (2008). Lorenzato (1995) indicava a ausência ou quase ausência da Geometria na sala de aula, ocasionada, entre outros motivos, pelo Movimento da Matemática Moderna, que algebrizou o ensino da disciplina, o que ainda é sentido nas práticas pedagógicas das escolas de Ensino Fundamental e Médio.

De acordo com Pires (op cit.), temos dois marcos que influenciaram a organização curricular para o ensino de Geometria no século atual. O primeiro foi o estabelecimento de diretrizes que se opunham ao Movimento da Matemática Moderna; o segundo foi o projeto nacional de reformulação curricular que se iniciou com o surgimento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998).

Sobre o ensino de Geometria, Pavanello (2004) destaca que ele "apresenta-se como um campo profícuo para o desenvolvimento da capacidade de abstrair, generalizar, projetar, transcender o que é imediatamente sensível" (p. 4). Com a nova visão acerca do saber geométrico escolar, os PCN (BRASIL, 1998) abordam o ensino de Geometria através de construções geométricas, fortemente baseadas no uso da régua e do compasso, práticas que comumente eram voltadas para o ensino em disciplinas isoladas, como as denominadas "Desenho Geométrico", quase que desvinculadas do saber matemático. Assim, o estudo da Geometria ganha ênfase no currículo escolar, sendo associado a outros conteúdos nas aulas de Matemática na Educação Básica. Nesse sentido, os PCN tornaram o ensino de Geometria menos abstrato, proporcionando práticas de ensino contextualizadas e articuladas com conceitos de diversos campos da Matemática escolar, possibilitando a análise e a compreensão de leis e de fórmulas que muitas vezes estão conectadas com a realidade do estudante.

Em anos recentes, a constituição da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) inaugurou um período de reflexões sobre o currículo escolar. Particularmente em relação ao ensino e à aprendizagem da Geometria, a BNCC aponta que o desenvolvimento do pensamento geométrico propicia ao estudante um tipo de visão e de entendimento que lhe permite compreender, organizadamente, o mundo em que vive.

A BNCC refere-se ainda à necessidade de os estudantes interpretarem, descreverem e argumentarem de forma a comunicar-se matematicamente, a saberem fazer e validar conjecturas, recorrendo a modelos, esboços, fatos conhecidos, relações e propriedades que proporcionem a estruturação do pensamento e do raciocínio indutivo e dedutivo, a partir do desenvolvimento dos conceitos geométricos e da aplicação desses conceitos na resolução de situações-problema (BRASIL, 2018).

Ademais, o destaque da BNCC vai para a orientação sobre o uso de tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem da Geometria, enquanto os PCN indicavam a utilização de régua e compasso, como já mencionado. Sobre esses aspectos, percebe-se que ambos os documentos orientam a utilização de recursos educacionais que apoiem o desenvolvimento de habilidades específicas. Além disso, apresentam contextos e cenários a surgir mediante o desenvolvimento das competências matemáticas; estas são importantes para a sociedade, que se transforma continuamente. Isso aponta para um processo de ensino que incentiva práticas docentes mediadas por artefatos tecnológicos e aproximam o ensino de atividades humanas contemporâneas.

Diante desse contexto, percebe-se a importância de disponibilizar tecnologias que possibilitem a exploração de conceitos geométricos por parte de professores e alunos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a percepção de estudantes e de professores do Ensino Médio sobre o Recurso Educacional Digital (RED) Enigmas de Yucatán, concebido para mediar

situações didáticas de transformações espaciais. O artigo está organizado da seguinte forma: na próxima seção, é discutida a literatura acerca do ensino de transformações geométricas; logo após, é apresentado o método adotado, a partir da criação de instrumentos e da aplicação destes em estudo de caso com diferentes perfis de participantes; nos resultados são realizadas discussões e análises sob a perspectiva do objetivo do estudo; por fim, são discutidas as conclusões deste estudo e sugestões de trabalhos futuros.

2 O Ensino e a Aprendizagem da Geometria Espacial

Uma das maneiras de se trabalhar a Geometria, sob a perspectiva escolar, é construir demonstrações por meio de atividades alternativas, diversificando as aulas e desmistificando as práticas de ensino de Matemática, que rotineiramente se utilizam do quadro e do livro didático, através da exposição verbal do conteúdo.

Apesar dos avanços apontados, estudos como os de Almouloud et al. (2004), Lorenzato (2006) e Barbosa (2011) indicam que ainda temos que progredir bastante no ensino de Geometria na escola. Isso porque muitas vezes o professor da Educação Básica tem dificuldades de abordar os conteúdos em sala de aula; seja por formações com lacunas, seja por falta de apropriação adequada dos conceitos trabalhados em sua formação, seja por ausência de perspectivas metodológicas que propiciem a significação do conceito, gerando um círculo vicioso no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos programáticos desse campo. Nessa perspectiva, há um movimento crescente de se investigar, discutir e refletir sobre o saber geométrico trabalhado na escola e como seu ensino pode ser conduzido.

Moraco (2006) aponta que os conceitos de geometria espacial ainda são trabalhados na escola desvinculados dos conceitos de geometria plana, uma vez que os professores pressupõem o domínio desse conteúdo pelos estudantes. No entanto, é preciso haver relação entre os conteúdos já vistos e os propostos. O estudo de conceitos de geometria espacial é de suma importância para o desenvolvimento da capacidade de abstração, de resolução de problemas práticos do cotidiano, para estimar e comparar resultados e reconhecer propriedades das formas geométricas, como indicado nos PCN (BRASIL, 1998) e na BNCC (BRASIL, 2018).

Nessa direção, os estudos de Piaget e Inhelder (1993) indicam que a “esquematização espacial das condutas sensório-motoras gera uma realidade genética nova, que possui suas próprias leis. Após, somente após, vem o espaço representativo, cujos inícios coincidem com o da imagem e do pensamento intuitivo” (p. 18). Porém, no ensino de Geometria, isso tem acontecido inversamente, já que os conteúdos espaciais dificilmente são abordados antes dos conteúdos de geometria plana.

Dessa forma, precisamos investigar como os estudantes são conduzidos a analisar e explorar os conceitos geométricos espaciais quanto à abstração e à realidade, e como eles estabelecem a relação entre conceitos e fórmulas estudados. Sob essa ótica, para Fainguelernt (1995, p. 46): “o ensino da Geometria não deve ser reduzido à mera aplicação de fórmulas e de resultados estabelecidos por alguns teoremas, sem a preocupação da descoberta de caminhos para sua demonstração, como também para dedução de suas fórmulas”. Assim, os conceitos e as propriedades da geometria espacial precisam ser explorados por tendências metodológicas pautadas, por exemplo, na resolução de problemas que se ancoram nas tecnologias digitais, pois elas podem favorecer habilidades de visualização, levantamento de conjecturas e teste de hipóteses (LABORDE, 2002; DENNIS; CONFREY, 1998).

No ensino da geometria espacial, a perspectiva de resolução de problemas é fundamental, pois permite ao estudante colocar-se diante de questionamentos e pensar criticamente, possibilitando o desenvolvimento do raciocínio lógico e espacial, e não apenas o uso de fórmulas,

dando ênfase à visualização de situações geométricas e à sua representação no plano. Sem tais habilidades, é difícil desenvolver qualquer trabalho em Geometria que traga significado para os conceitos envolvidos, visto que muitas são às vezes em que os estudantes não passam pela fase da experimentação, por isso não conseguem compreender determinadas representações de formas espaciais.

A visualização, ou habilidade visual, como tem sido denominada recentemente, no ensino de geometria espacial tem sido pesquisada desde a reorganização do currículo de Geometria escolar, por autores como Arcavi (1999), e entendida como a habilidade, o processo e o produto de criação, interpretação, utilização de comentário sobre figuras, imagens, diagramas em nossos processos mentais, seja em papel, seja com o uso de ferramentas tecnológicas, com a finalidade de desenhar e comunicar informações, pensar sobre e desenvolver ideias não conhecidas, avançando na compreensão de conceitos geométricos. Nessa direção, alguns estudos (LEIVAS, 2009; LEIVAS; SOARES, 2010; MARIN; LEIVAS, 2013; LEIVAS, 2014; LEIVAS; MATHIAS; BETTIN, 2020) evidenciam a importância do desenvolvimento da visualização na construção de imagens mentais de forma a comunicar os conceitos geométricos na resolução de problemas.

Assim, uma das principais dificuldades para se efetivar com sucesso o ensino da geometria espacial é a falta de modelos tridimensionais adequados e variados o suficiente para que os estudantes possam, de maneira clara, visualizar conceitos e propriedades, incentivando a curiosidade, o interesse pela experimentação e sua participação crítica nas aulas de Matemática.

Intuição, imaginação, experimentação, visualização e abstração são atividades que fazem parte do pensamento geométrico, muitas vezes aliadas ao ensino da geometria espacial, que podem ser desenvolvidas nas aulas de Geometria escolar, partindo dos conceitos que permeiam o currículo da Educação Básica. Sob esse aspecto, é fundamental que no ensino de Geometria caracterize-se o conhecimento matemático de forma que os conceitos e as propriedades, por exemplo, tenham uma abordagem não apenas dedutiva, mas também experimental.

Para Van de Walle e Lovin (2006), o ensino da Geometria está fundamentado em quatro grandes pilares, responsáveis pelo pensamento e pela compreensão dos conceitos subjacentes a esse campo matemático. São eles:

1. Formas e Propriedades: dizem respeito a um conjunto de atributos geométricos que tornam as formas iguais ou diferentes;
2. Transformações: focam na movimentação, na maneira como as formas podem ser movidas no plano ou no espaço;
3. Localização: descreve a posição no plano ou no espaço das formas geométricas. Por exemplo, a descrição do lugar geométrico de uma figura, a partir de suas coordenadas num plano, e como essas coordenadas possibilitam a compreensão das propriedades dessa figura;
4. Visualização: descreve as diferentes perspectivas que as formas geométricas podem ser vistas.

Sob essa perspectiva, o Recurso Educacional Digital Enigmas de Yucatàn, do tipo jogo digital para dispositivos móveis, foi desenvolvido visando explorar a habilidade de perceber as formas geométricas de diferentes pontos de vista, de modo a compreender as relações entre figuras e formas bidimensionais e tridimensionais e suas possibilidades de rotação, por conjecturas mentais, conceitos e propriedades que comumente são atrelados à abordagem das transformações geométricas no ensino de Geometria, como veremos mais adiante.

Para Starepravo (2009, p. 19), "os jogos exercem um papel importante na construção de conceitos matemáticos por se constituírem em desafios aos alunos". Os jogos podem favorecer

nas (re)elaborações pessoais a partir de seus conhecimentos prévios diante de situações-problema. Na solução dos problemas apresentados pelos jogos, os alunos podem levantar hipóteses, testar sua validade, modificar seus esquemas de conhecimento e avançar cognitivamente (Ibid.). O uso do jogo permite uma abordagem lúdica acerca do conteúdo.

Na direção do que foi dito, a abordagem das transformações geométricas vem sendo enfatizada nas orientações curriculares para o ensino da Matemática escolar, tanto no Brasil como em outros países. Ao falarmos em transformação geométrica, estamos nos referindo a mudanças em figuras e formas geométricas, em que cada ponto da figura ou forma inicial é levado a um ponto da figura, ou forma em que ela é transformada.

Os PCN descrevem que as transformações geométricas, no ensino de Matemática, são uma poderosa ferramenta para a resolução de problemas e para o trabalho com as demonstrações geométricas, por constituírem um campo rico de conexões para raciocinar sobre o plano e o espaço (BRASIL, 1998).

Segundo a BNCC, esse pensamento é necessário para investigar propriedades, fazer conjecturas e produzir argumentos geométricos convincentes, considerando o aspecto funcional que envolve as ideias matemáticas associadas à construção, à representação e à independência (BRASIL, 2018).

Esse tipo de abordagem permeia o ensino e a aprendizagem de isometrias, sendo que é nas transformações geométricas que há a preservação de distâncias, como também das homotetias, ou seja, as transformações geométricas que preservam o paralelismo e a razão entre segmentos correspondentes, de forma a permitir um tratamento mais geral dos conceitos de congruência e semelhança e, dessa forma, fornecem uma perspectiva metodológica para a resolução de algumas situações-problema no campo conceitual geométrico, como indicado nos PCN (BRASIL, 1998).

Pesquisas recentes evidenciam a importância do ensino e da aprendizagem das transformações geométricas na escola, como os estudos de Delmondi e Pazuch (2018; 2019a; 2019b) e de Nakamura e Pazuch (2020), que apontam que esse tópico propicia a introdução e a compreensão de outros conceitos matemáticos, porque mobiliza nos estudantes inúmeras habilidades de raciocínio.

Portanto, tendo como pressuposto a importância do ensino e da aprendizagem das transformações geométricas, já apontada em documentos curriculares oficiais, tanto do Brasil como de outros países. Pesquisas desenvolvidas apontam para a necessidade da abordagem do tema no trabalho com a Matemática na escola, assumimos como necessário desenvolver perspectivas didáticas e metodológicas que permitam uma visão mais integrada da Geometria, que ofereça um ensino de melhor qualidade ao tempo que desenvolve habilidades e competências esperadas na Educação Básica.

3 As Tecnologias Digitais e a Geometria Espacial

A utilização das tecnologias na aprendizagem da Geometria ganha força no final da década de 1970, com o aumento da capacidade de realizar transformações computacionais de forma dinâmica. Softwares como o Logo (PAPERT, 1985) e suas várias versões foram base para estudos envolvendo a aprendizagem da geometria plana (ABELSON; DISESSA, 1986; HOYLES; JONES, 1988; NOSS, 1987).

Posteriormente, softwares de construção geométrica, como o Cabri-géomètre (BAULAC; BELLEIMAN; LABORDE, 1990), possibilitaram a criação de uma área de estudos denominada

Geometria Dinâmica, que investiga a aprendizagem da Geometria através do levantamento e de teste de conjecturas de maneira quase experimental e do estabelecimento de relações entre Geometria e Álgebra, ao libertar os estudantes de seguirem somente formas algorítmicas e de se preocuparem com a imprecisão de desenhos realizados à mão. Além disso, estudos mostram como softwares de Geometria Dinâmica permitem que os estudantes verifiquem mudanças na forma e nas relações geométricas quando uma transformação acontece (DENNIS; CONFREY, 1998; HOYLES; JONES, 1988; LABORDE, 2002; GOMES; VERGNAUD, 2004).

Estudos recentes trazem novos achados sobre a contribuição de tecnologias digitais para o ensino e a aprendizagem da Geometria. Turgut (2021) discute os recursos multimodais ligados ao raciocínio de dois alunos universitários na reinvenção de transformações lineares geométricas específicas (como reflexão de acordo com os eixos, projeções sobre os eixos e composição de reflexos) em um ambiente de Geometria Dinâmica elaborado com o GeoGebra. A investigação apontou que, com auxílio do ambiente, os estudantes conseguiram reinventar uma série de transformações lineares geométricas. O estudo difere do trabalho aqui desenvolvido, uma vez que foca em alunos do Ensino Superior. Por outro lado, Seloraji e Eu (2017) identificaram a influência do GeoGebra no desempenho dos alunos do primeiro ano do Ensino Médio em tarefas envolvendo a reflexão geométrica. Nesses dois estudos, apesar da dinamicidade propiciada pelo GeoGebra, a tarefa proposta é puramente abstrata, não contendo nenhum elemento de contextualização.

O presente estudo analisa a efetividade do Recurso Educacional Digital (RED) Enigmas de Yucatàn, desenvolvido para o uso em dispositivos móveis. A hipótese de design é a de que o jogo pode favorecer o estabelecimento de relações entre os conhecimentos já construídos por estudantes e novos conceitos apresentados em cada fase do RED, de forma a desenvolver competências e habilidades que ampliem seu campo conceitual (nesse caso específico, o campo conceitual geométrico).

Entendemos que a aprendizagem pode se dar de modo mais contextualizado e pauta-se nas experiências advindas das práticas dos estudantes/jogadores. Por isso, esse ambiente de aprendizagem foi pensado de maneira a tornar os conceitos de transformações geométricas mais intuitivos, de forma a auxiliar a autonomia do estudante no desenvolvimento de determinadas habilidades geométricas que permeiam o currículo escolar e, em específico, o conhecimento de geometria espacial.

A próxima seção descreve o método adotado no estudo, incluindo a descrição do recurso, os sujeitos envolvidos, os instrumentos e os procedimentos utilizados.

4 Método

Esta seção apresenta os métodos utilizados para a concepção e a avaliação da efetividade do jogo, caracterizado como um estudo exploratório de abordagem qualitativa. Inicialmente é feita a descrição do jogo Enigmas de Yucatàn e do Guia Didático-Pedagógico.

4.1 Recurso Educacional Digital Enigmas de Yucatàn

O Enigmas de Yucatàn é um RED gratuito, do tipo jogo digital para dispositivos móveis, concebido para apoiar o ensino e a aprendizagem de projeções bidimensionais e tridimensionais, além de interagir com elementos da cultura maia. O mesmo encontra-se disponível em plataformas de aplicativos (QUEIROS et al., 2021a; QUEIROS et al., 2021b). No game, o jogador assume o papel de Zazil, um guerreiro maia preso em um labirinto que é gradualmente consumido pelo

fogo. Ele precisa recolher todos os artefatos espalhados ao longo do labirinto a fim de encontrar sua liberdade e salvar a memória de seu povo.

O jogo possui dez fases. A cada nível, a quantidade de enigmas e a necessidade de transformações das chaves ficam mais complexas. Cada labirinto trará caminhos e localizações diferentes para as portas e para a saída, além de novas chaves e novas relíquias em locais mais difíceis de acessar. Os labirintos também serão progressivamente maiores. O primeiro labirinto trará apenas uma relíquia; labirintos subsequentes terão até três relíquias. Cada labirinto novo conterá mais portas, além de chaves mais difíceis de acessar (por exemplo, uma chave estará atrás de uma porta que precisa de uma chave diferente). As chaves farão parte de um conjunto de chaves, classificado por dificuldade, do qual as chaves da fase serão escolhidas aleatoriamente. Formas 1 - Quadrado, Retângulo e Formas Compostas; Formas 2 - Triângulo e Trapézio; Formas 3 - Prismas e Pirâmides Oblíquas; Formas 4 - Círculos (Cones e Cilindros); e, por fim, Formas 5 - Todas as anteriores.

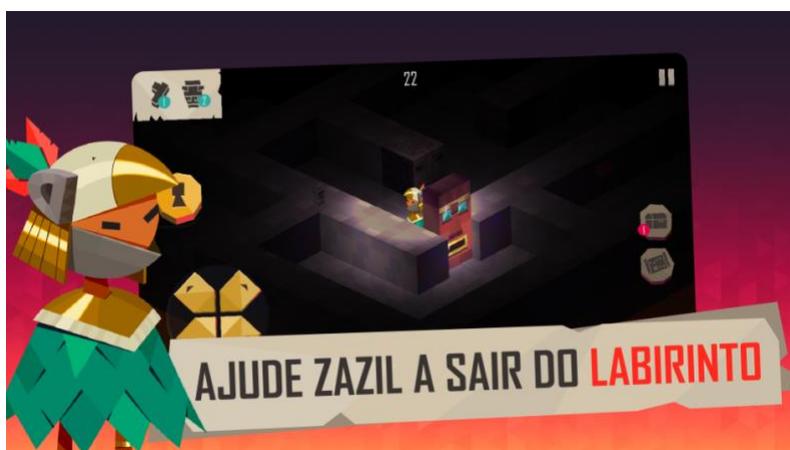


Figura 1 – Tela inicial do jogo (Queiros et al., 2020).

Ao jogar, os estudantes são solicitados a projetar seu deslocamento e vistas de objetos tridimensionais. A narrativa, em terceira pessoa, foi pensada de modo que o jogador, ao ajudar o protagonista do game, consiga desenvolver conhecimentos relacionados a transformações geométricas enquanto resolve os enigmas relacionados a chaves e fechaduras (Figura 2).

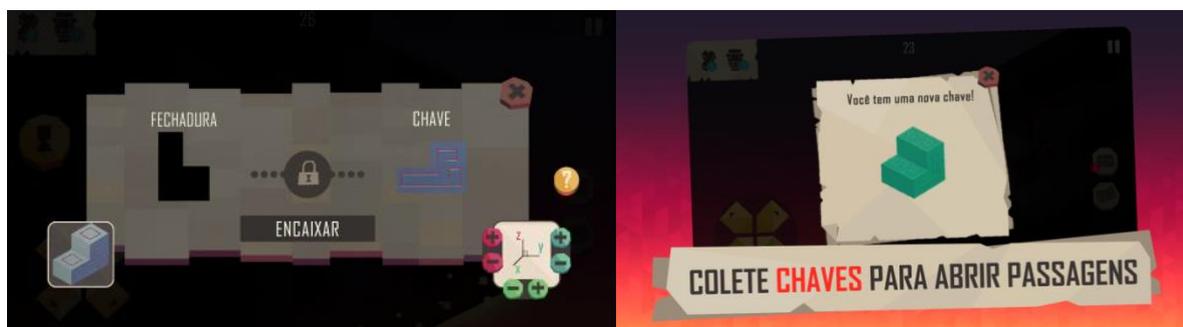


Figura 2 – Rotação de objetos em eixos X, Y e Z (Queiros et al., 2020).

O estudante/jogador vai se deparar com situações para as quais será necessário rotacionar chaves tridimensionais em torno de seus eixos, observando suas vistas bidimensionais, para

encaixar a peça no espaço correspondente, de forma a abrir a fechadura, havendo apenas uma possibilidade de resposta (Figura 2).

Para abrir portas, é preciso coletar “reliquias” nos labirintos, o que possibilita avançar para a próxima fase (Figura 3). Essas relíquias apresentam textos descritivos que relacionam o estudo da Geometria à história do povo maia. Isso permite contextualizar essa civilização e promover o interesse do jogador por temas afins. No decorrer da atividade, é possível encontrar chaves e relíquias em diversos formatos geométricos, permitindo a introdução do conteúdo matemático que permeia o campo conceitual geométrico, como as propriedades de determinados sólidos, como prismas, pirâmides, cones, cilindros, esferas, entre outros.



Figura 3 – Exemplo de relíquia maia (Queiros et al., 2020).

Nessa direção, o foco é abordar tópicos do campo conceitual geométrico previstos nas diretrizes curriculares nacionais, considerando a estratégia didática da abordagem em que serão apresentados e as possibilidades que essa tecnologia interativa oferece. Isso oportuniza a possibilidade de se trabalhar desafios cognitivos de maneira interativa, pois, ao vivenciar a imersão no jogo, é possível que o estudante crie hipóteses e teste-as, bem como faça a proposição de novas possibilidades.

Ser capaz de rotacionar figuras e de antecipar movimentos e transformações pauta-se nos pilares do ensino de Geometria apontados por Van de Walle e Lovin (2006), explora habilidades matemáticas presentes nos documentos oficiais e, por consequência, no currículo da Educação Básica, habilidades essas muito exploradas e avaliadas no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Portanto, o jogo visa auxiliar os estudantes/jogadores a desenvolver a seguinte habilidade específica, segundo a BNCC (BRASIL, 2018, p. 533): “EM13MAT105: Utilizar as noções de transformações isométricas (translação, reflexão, rotação e composições destas) e transformações homotéticas para construir figuras e analisar elementos da natureza e diferentes produções humanas (fractais, construções civis, obras de arte, entre outras)”.

Essa habilidade específica refere-se à análise das vistas e de projeções de sólidos tridimensionais em representações bidimensionais. Uma projeção é um tipo de função que associa cada ponto da figura original a um ponto do plano no qual ela é representada. Ao aplicar a mesma transformação geométrica em todos os pontos da figura inicial, obtém-se a imagem da figura dada por aquela transformação.

Acompanha o jogo um Guia Didático-Pedagógico (QUEIROS et al., 2021c), o qual visa auxiliar o professor apresentando as mecânicas, a descrição do funcionamento e possíveis cenários de aprendizagem para explorar todo o RED. O jogo foi projetado para que todas as funcionalidades relacionadas ao conteúdo possam ser utilizadas sem a necessidade de acesso à

internet após o seu download. Apenas as funcionalidades que possuem links externos ao aplicativo necessitam de acesso à internet, tais como os websites da Plataforma Integrada MEC RED, de cursos universitários relacionados e de questões de vestibulares.

4.2 Procedimentos

Para avaliar a qualidade educacional do jogo, foram realizadas três avaliações, com o envolvimento de três grupos de participantes. A primeira foi feita com um grupo de educadores especialistas em legislação e regulamentações educacionais. A segunda e a terceira foram avaliações da aceitação e percepção, realizadas respectivamente por professores e estudantes do Ensino Médio. As avaliações ocorreram individual e remotamente, devido à pandemia de Covid-19.

Todos os participantes receberam versões funcionais intermediárias do jogo. A escolha de enviar versões quase finais foi deliberada, para permitir que os resultados obtidos com as avaliações pudessem guiar decisões de design no sentido de incorporar ajustes e melhorias antes da publicação definitiva das versões finais nas plataformas pertinentes. Nas seções a seguir, descrevemos os procedimentos de cada uma das avaliações.

Os avaliadores foram orientados a explorar o jogo e a refletir sobre seu uso em sala de aula para o ensino-aprendizagem do conteúdo sobre vistas e projeções 2D/3D. Também foi solicitado que jogassem algumas vezes antes de responder ao formulário de avaliação. Após a aplicação do questionário, foi realizada uma entrevista semiestruturada com o objetivo de capturar aspectos de suas percepções sobre o material que eventualmente não foram capturados pelos itens do instrumento.

4.2.1 Inspeção por especialistas em legislação e regulamentações educacionais

A inspeção dos Recursos Educacionais Digitais é uma técnica de avaliação executada por especialistas através da qual podemos confirmar sua conformidade com documentos e regulamentações do setor educacional. Por meio dessa técnica, buscou-se verificar a conformidade com a legislação educacional corrente, usando como critérios as orientações e as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelecidas pelo Ministério da Educação (MEC).

O instrumento de avaliação concebido para a realização dessa inspeção adaptou itens do Decreto n° 9.099/2017 e do Edital de Convocação n.º 03/2019, que trata da avaliação e da inscrição de Recursos Digitais no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O instrumento resultante possui 23 critérios (Q "questão"), divididos em quatro dimensões. As três primeiras dimensões foram usadas para avaliação do jogo, e a quarta dimensão, para avaliar o Guia Didático-Pedagógico. As dimensões e a quantidade de critérios estão apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 1 – Instrumento de Avaliação em Assuntos Educacionais.

<p>Articulação da abordagem teórico-metodológica com competências gerais, específicas e habilidades da BNCC</p> <p>Q1. Área do conhecimento; Q2. Competências gerais da BNCC; Q3. Competências específicas da BNCC; Q4. Habilidade(s) da BNCC.</p>
<p>A abordagem teórico-metodológica contempla os critérios de avaliação pedagógica dos materiais didáticos no âmbito do PNLD</p>

<p>Q5. Respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas à educação;</p> <p>Q6. Observância dos princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano;</p> <p>Q7. Coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica;</p> <p>Q8. Adequação e pertinência das orientações prestadas no Guia Didático-Pedagógico;</p> <p>Q9. Qualidade da contextualização e da adequação temática;</p> <p>Q10. Temas Contemporâneos Transversais (TCTs).</p>
<p>Critérios específicos de avaliação pedagógica de Recursos Digitais no âmbito do PNLD</p> <p>Q11. Permite consolidar e aprofundar os conhecimentos, as habilidades, as atitudes e os valores desenvolvidos pelos estudantes?</p> <p>Q12. Contribui para a efetiva aquisição das competências gerais, das competências específicas e das habilidades integradamente com as outras áreas?</p> <p>Q13. Contribui para o desenvolvimento das diferentes categorias de raciocínio através de diversos problemas, atividades e vivências, especialmente para promover práticas (orais e escritas) de argumentação e de inferência?</p> <p>Q14. Contribui para o desenvolvimento, do ponto de vista computacional, da análise crítica, criativa e propositiva de temas afeitos aos princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano?</p> <p>Q15. Explora conceitos de sua utilidade para resolver problemas na vida cotidiana do estudante, oferecendo sistematicamente subsídios claros e precisos para a tomada de decisão cientificamente informada?</p> <p>Q16. Explora mais de um registro de representação, estimulando o estudante a escolher as representações mais convenientes para cada situação, convertendo-as sempre que necessário?</p> <p>Q17. Trabalha, sistematizadamente, com diversos processos cognitivos, tais como: observação, visualização, compreensão, organização, análise, síntese, comunicação de ideias científicas, conferindo especial ênfase à argumentação e aos processos de inferência?</p> <p>Q18. A linguagem é atrativa aos jovens, mas que mantém a precisão conceitual?</p>
<p>Critérios específicos de avaliação do Guia Didático-pedagógico no âmbito do PNLD</p> <p>Q19. A abordagem teórico-metodológica embasa o tratamento da área de conhecimento integradamente?</p> <p>Q20. Identificação de todas as competências gerais, competências específicas e habilidades que serão trabalhadas;</p> <p>Q21. Texto introdutório que explique como, a partir da abordagem teórico-metodológica(s), articulam-se o(s) objetivo(s), a(s) justificativa(s) e as principais competências e habilidades que serão trabalhadas;</p> <p>Q22. Apresente o recurso educacional digital, os objetos do conhecimento, as dinâmicas de uso, funcionalidades e personagem, quando houver;</p> <p>Q23. Apresente possíveis cenários de aprendizagens que instruem o(a) professor(a) das possibilidades para o uso e para desenvolver estratégias didáticas e de avaliação por meio do recurso educacional digital.</p>

Fonte: Os autores (2021)

Essa inspeção foi realizada com seis especialistas em assuntos educacionais, para averiguar se o jogo está em consonância com documentos oficiais sobre material didático e recursos educacionais digitais. A participação foi voluntária, exigindo formação superior nas áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias. Os professores foram recrutados por meio de grupos de WhatsApp composto por professores e formadores de escolas públicas estaduais.

Após o recrutamento, foi enviado aos especialistas participantes um documento de orientação para a avaliação do Guia Didático-Pedagógico e do jogo. Os especialistas foram orientados a jogar e explorar o Enigmas de Yucatàn e a fazer uma leitura do guia. Solicitamos observar as descrições das mecânicas adotadas, os recursos extras disponibilizados no RED, a sua integração com o conteúdo, a contextualização adotada, os cenários de aprendizagem apresentados e a possibilidade de auxiliar os professores em suas práticas pedagógicas. Em um

segundo momento, foi enviado o formulário eletrônico de avaliação, organizado no Google Formulários, para facilitar a coleta das avaliações.

Os avaliadores atribuíram notas para cada um dos 23 critérios, conforme a seguinte escala ordinal Likert (1932) de cinco níveis: concordo totalmente (100), concordo parcialmente (75), nem concordo, nem discordo (50), discordo parcialmente (25), discordo totalmente (0). Essas notas foram usadas em nossas análises para definir parâmetros, a fim de saber se o critério obteve média considerada excelente, satisfatória, mediana, baixa e crítica, respectivamente. Os critérios que vierem porventura a ter médias no intervalo crítica a mediana serão revisados.

4.2.2 Avaliação da aceitação e percepção por professores do Ensino Médio

A avaliação da aceitação mede a dimensão da experiência dos usuários relacionada ao grau de satisfação com o material. Em nosso estudo, solicitamos que professores do Ensino Médio avaliassem se o RED Enigmas de Yucatàn seria um material didático satisfatório para o ensino de transformações geométricas.

Participaram da avaliação três professores do Ensino Médio da rede pública de ensino de Pernambuco. Assim como no grupo anterior, a participação foi voluntária, exigindo formação superior nas áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias. Os professores foram entrevistados por meio de grupos de WhatsApp composto por professores e formadores de escolas públicas estaduais.

Os instrumentos foram um questionário e uma entrevista semiestruturada usados para capturar o grau de aceitação e a percepção desses professores acerca da efetividade do RED. O questionário foi concebido a partir da adaptação de técnicas pré-concebidas de avaliação de softwares educativos, objetos de aprendizagem e jogos educativos, a saber: (i) da Engenharia Didático-Informática (EDI) (SILVA, 2016); (ii) do questionário de avaliação de Objeto de Aprendizagem, conhecido como Lori – *Learning Object Review Instrument* (BELFER et al., 2002); (iii) da avaliação EGameFlow – *Educative GameFlow* (SWEESTER; WYETH, 2005); e (iv) do questionário calibrado UsaECG – *Usability of Educational Computer Games* (MOHAMED, YUSOFF; JAAFAR, 2012).

O questionário continha 30 sentenças, divididas nas dimensões educacional, estrutural, visual e social. A **dimensão educacional** contém 10 sentenças de caráter de dimensão epistemológica, na intenção de validar como é esperado o aprendizado do estudante ao utilizar o RED. Essa dimensão permite verificar se o jogo é compatível com o ano escolar dos estudantes e de acordo com o esperado pelos professores das disciplinas correspondentes.

A **dimensão estrutural** usa 12 sentenças para avaliar o uso do jogo em si, como sua jogabilidade, aplicabilidade e experiência do usuário. Sua relação com a EDI se dá com a dimensão informática, então, a partir das respostas aos itens, obtém-se retorno do funcionamento do jogo, clareza das informações e rejogabilidade.

A **dimensão visual** consta de cinco sentenças para capturar a percepção sobre o design e a representação visual do jogo. Sua relação com a EDI está nos aspectos cognitivos, e as avaliações ajudam a concluir se a estética dos grafismos do jogo é adequada para mediar o conteúdo a ser apresentado e a experiência do estudante.

A **dimensão social** é avaliada por meio de três sentenças abordando a percepção do professor quanto à facilidade para planejar a utilização do jogo em sala de aula e ajudar a prever o engajamento e a colaboração entre os estudantes. Os itens possuem relação com a dimensão didática por trazerem elementos de uso em aula.

Quadro 2 – Instrumento de avaliação para especialista na área de conhecimento.

<p>Dimensão Educacional: Nesta dimensão são apresentadas sentenças de caráter epistemológico, na intenção de avaliar o RED como recurso capaz de mobilizar competências e habilidades do estudante.</p> <p>P1. Há integração de conteúdo entre estudante e jogo? P2. Conhecimentos escolares são aplicados durante o jogo? P3. O jogo instiga a curiosidade sobre o conteúdo apresentado? P4. Os objetivos de aprendizagem são claros e adequados para o processo de aprendizado? P5. O jogo considera os diferentes níveis de aprendizado individual? P6. O jogo dá retorno sobre o conhecimento que está sendo construído? P7. O jogo oferece a possibilidade de escolher a dificuldade? P8. O conteúdo segue parâmetros de aprendizagem da BNCC? P9. O jogo representa bem conceitos, propriedades, relações e transformações do conteúdo? P10. Os materiais de conteúdo são envolventes?</p>
<p>Dimensão Estrutural: Nesta dimensão os critérios têm relação com o uso do jogo, como sua jogabilidade, aplicabilidade e experiência do usuário. A partir das respostas apresentadas, obtém-se retorno do funcionamento do jogo, clareza das informações e rejogabilidade.</p> <p>P11. A dificuldade do jogo é adequada aos estudantes? P12. Os desafios aumentam conforme minhas habilidades aumentam? P13. O jogo apresenta novos desafios em um ritmo adequado? P14. Há erros que impedem o avanço do jogo? P15. É possível usar quaisquer estratégias para vencer o jogo? P16. O jogo dá retorno imediato das minhas ações? P17. O jogo exibe informações sobre o meu status, como nível ou pontuação? P18. O jogo fornece informações suficientes para começar a jogar? P19. É possível identificar a pontuação durante o jogo? P20. Há recompensas para os usuários que completam as atividades propostas? P21. Os desafios ao longo do jogo são boas experiências? P22. O jogo continua interessante mesmo jogado uma segunda vez?</p>
<p>Dimensão Visual: Nesta dimensão as sentenças possuem interesse voltado ao design e à representação visual do jogo. Sua relação com EDI está na dimensão cognitiva, e as avaliações ajudam a concluir sobre a estética e o visual do jogo ao conteúdo apresentado e à jogabilidade do estudante.</p> <p>P23. O jogo me permite visualizar status do sistema do celular enquanto jogo? P24. A estética e design do jogo são visualmente agradáveis? P25. Os elementos multimídia são adequados ao conteúdo (imagens, vídeos, sons do RED)? P26. Os elementos apoiam significativamente as informações do jogo? P27. O uso de elementos multimídia realça a apresentação do conteúdo?</p>
<p>Dimensão Social: Por meio desta dimensão, o professor pode planejar a utilização do jogo em sala de aula e ajudar a prever o engajamento e a colaboração entre os estudantes. Está relacionada à Dimensão Didática, por trazer elementos de uso em aula, e suas avaliações ajudam a entender como desenvolver jogos que sejam mais divertidos e colaborativos.</p> <p>P28. O jogo pode promover o engajamento do estudante? P29. O jogo pode promover a colaboração entre estudantes? P30. O jogo pode promover a competição entre estudantes?</p>

Fonte: Adaptado de Silva (2016); Belfer *et al.* (2002); Sweester; Wyeth (2005); Mohamed; Yusoff; Jaafar (2012)

Os avaliadores atribuíram notas para cada uma das sentenças, conforme a seguinte escala ordinal Likert (1932) de cinco níveis: concordo totalmente (100), concordo parcialmente (75), nem concordo, nem discordo (50), discordo parcialmente (25), discordo totalmente (0).

4.2.3 Avaliação de aceitação e percepção por estudantes do Ensino Médio

Esta avaliação verificou se o estudante do Ensino Médio percebia o RED como adequado para desenvolver e mobilizar os conhecimentos específicos visados no jogo.

Foram convidados 11 estudantes do Ensino Médio, indicados por professores que atuam em modalidades diferentes de ensino das redes pública e particular. Os estudantes eram do 1º ano (27,3%), do 2º ano (36,4%) e do 3º ano (36,4%) do Ensino Médio. As modalidades de estudo dos participantes eram: Ensino Médio Técnico (72,7%), Ensino Médio Semi/Integral (18,2%) e Ensino Médio Regular (9,1%). A maioria dos estudantes era do Ensino Médio Técnico de diferentes cursos técnicos e de diferentes contextos sociais. Ao recrutar alunos de diferentes níveis, diversificamos as percepções e os pontos de vista dos estudantes.

Outro aspecto do perfil dos estudantes é sua experiência com jogos digitais. A maioria dos estudantes participantes tem contato contínuo com jogos dessa natureza (90,09%), divididos entre os níveis “Sim, jogo sempre” (36,4%) e “Sim, jogo às vezes” (54,5%). Nenhum estudante afirmou não ter tido contato com jogos digitais, embora uma pequena parcela (9,1%) afirme que não tem experiência em jogar, embora tenha tentado.

O instrumento usou critérios da escala EGameFlow (2009), da proposta de avaliação de recursos educacionais de Savi et al. (2010) e do modelo proposto por Silva e Gomes (2015). O instrumento final contém 24 critérios, agrupados em quatro dimensões, sendo: (i) quatro questões para interface (área de interação, visual e textual); (ii) doze questões sobre **experiência/jogabilidade** (desempenho do usuário na realização de tarefas e na sua jogabilidade); (iii) seis questões sobre **conhecimento/aprendizagem** (se o estudante consegue mobilizar conhecimento e realizar relações do conteúdo apresentados no jogo com situações do cotidiano); e (iv) duas questões sobre **controle e melhorias no recurso/conhecimento** (descrição do RED com base nas suas experiências e conhecimentos ao jogarem o jogo), a saber.

Quadro 3 – Instrumento de Avaliação para os estudantes.

<p>Interface (área de interação visual e textual)</p> <p>Q1. O design da interface do jogo é atraente?</p> <p>Q2. O manuseio do jogo é fácil?</p> <p>Q3. As representações das imagens estão bem apresentadas?</p> <p>Q4. Os textos apresentados possuem coerência e informações necessárias para a compreensão do conteúdo?</p> <p>Experiência/jogabilidade</p> <p>Q5. Recebi <i>feedback</i> imediato das minhas ações;</p> <p>Q6. Recebi informação sobre o meu status, como nível ou pontuação;</p> <p>Q7. O jogo prendeu minha atenção;</p> <p>Q8. As tarefas do jogo foram muito difíceis;</p> <p>Q9. Existem “dicas” que ajudam nas tarefas;</p> <p>Q10. Minhas habilidades aumentam conforme o jogo avança;</p> <p>Q11. Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização;</p> <p>Q12. Senti estar tendo progresso durante o desenrolar do jogo;</p> <p>Q13. Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo acabara;</p> <p>Q14. Eu jogaria este jogo novamente;</p> <p>Q15. Achei o jogo meio parado;</p> <p>Q16. Houve momentos em que eu queria desistir do jogo.</p> <p>Conhecimento/aprendizagem</p> <p>Q17. O jogo apresentou conteúdo que estimulou minha atenção;</p> <p>Q18. Captei as ideias básicas do conteúdo apresentado;</p> <p>Q19. Eu gostei tanto do jogo que gostaria de aprender mais sobre o assunto abordado por ele;</p> <p>Q20. Eu poderia relacionar o conteúdo do jogo com coisas que já vi, fiz ou pensei;</p> <p>Q21. Eu visualizei o conteúdo do jogo de forma surpreendente e/ou inesperada;</p> <p>Q22. Durante o jogo consegui lembrar de mais informações relacionadas ao tema apresentado.</p> <p>Controle e melhorias no recurso/conhecimento</p>
--

Q23. Quais aspectos deste jogo foram mais úteis ou valiosos?
 Q24. Quais aspectos você melhoraria no jogo avaliado?

Fonte: Adaptado de Savi *et al.* (2010); Gomes (2015)

Nas três primeiras dimensões, os estudantes avaliaram as sentenças com base na mesma escala Likert (1932), em cinco níveis, utilizada para capturar a aceitação dos professores do Ensino Médio. A avaliação da quarta dimensão, “Controle e melhorias no recurso/conhecimento”, ocorreu por meio de questões abertas, nas quais os estudantes puderam contribuir com comentários a partir da sua percepção e de sua experiência ao jogar.

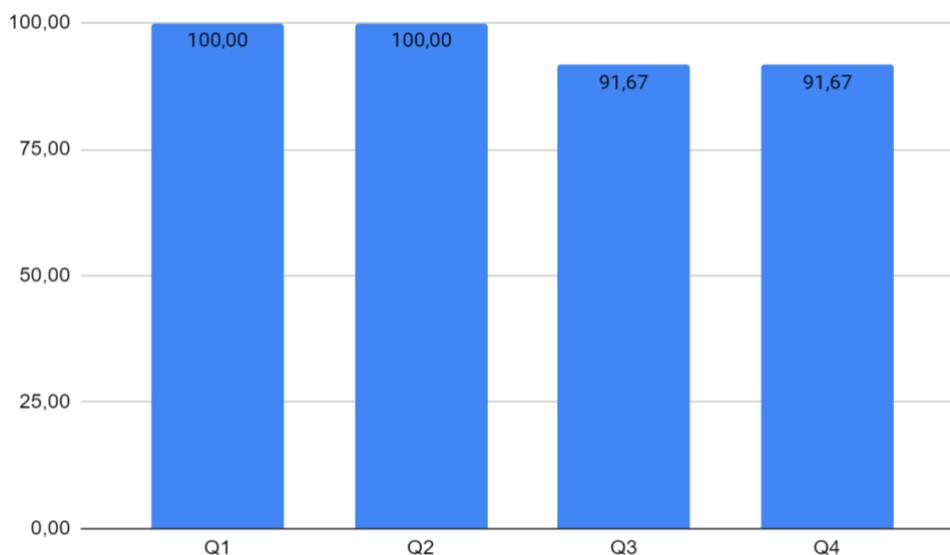
5 Resultados

Nas seções a seguir, apresentamos os resultados das inspeções realizadas por especialistas e das avaliações de percepção de professores e estudantes do Ensino Médio.

5.1 Conformidade com regulamentação educacional

O primeiro aspecto analisado, critérios de Q1 a Q4, refere-se à articulação teórico-metodológica das competências gerais e específicas e das habilidades da BNCC no design do material (Gráfico 1). Os critérios Q1 e Q2 foram avaliados em média com 100 pontos. Na visão dos especialistas, o conteúdo do Enigmas de Yucatàn está conforme o esperado de um material para mediar o conhecimento específico, e o material é adequado para mediar o desenvolvimento da competência “Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas”.

Gráfico 1 – Médias por critérios da articulação da abordagem teórico-metodológica com competências gerais e específicas e das habilidades específicas da BNCC.



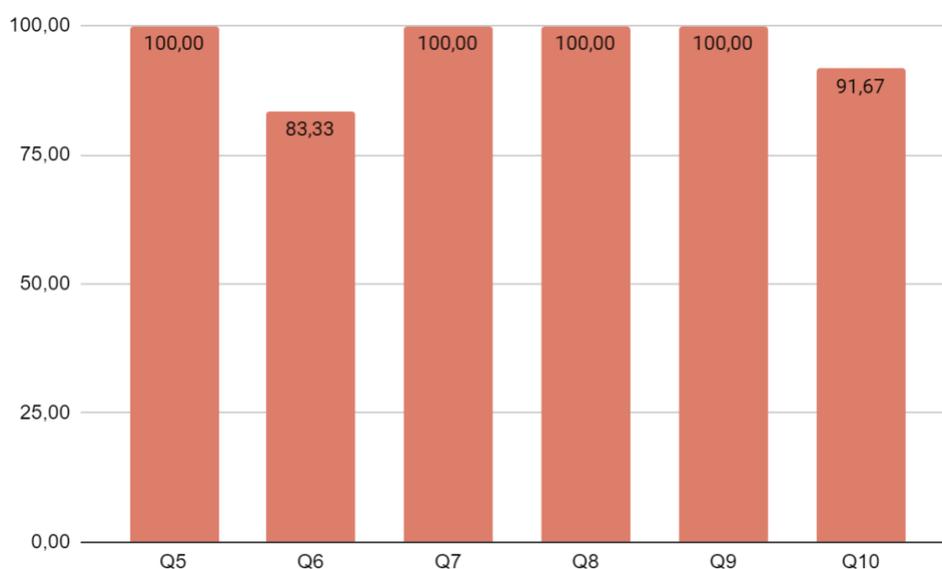
Os critérios Q3 e Q4 obtiveram médias 91,67, indicando que o jogo está condizente com a competência específica. Um especialista disse: “compreender e utilizar, com flexibilidade e fluidez, diferentes registros de representação matemática na busca de solução e comunicação de

resultados de problemas, de modo a favorecer a construção e o desenvolvimento do raciocínio matemático” e com a habilidade EM13MAT407 – “Interpretar e comparar conjuntos de dados estatísticos por meio de diferentes diagramas e gráficos (histograma, de caixa tipo box-plot), de ramos e folhas, entre outros), reconhecendo os mais eficientes para sua análise” (BRASIL, 2018, p. 539).

Os critérios Q5, Q6, Q7, Q8, Q9 e Q10 referem-se à avaliação pedagógica dos materiais didáticos no âmbito do PNLD. O critério Q5 diz respeito à aderência do jogo às conformidades da legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas à educação. Os critérios Q7, Q8 e Q9 referem-se à coerência e à adequação do conteúdo em seus aspectos teóricos e metodológicos, à apresentação no Guia Didático-Pedagógico, à sua contextualização e pertinência abordadas no jogo.

Quatro critérios atingiram média de 100 pontos. Os critérios Q6 e Q10 obtiveram médias 83,33 e 91,67, respectivamente, apontando que o Enigmas de Yucatàn atende aos princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Médias por critérios da avaliação pedagógica dos materiais didáticos no âmbito do PNLD.



O RED Enigmas de Yucatàn aborda temas contemporâneos, dando possibilidades de se trabalhar a transversalidade. Em relação aos critérios de avaliação pedagógica de recursos digitais, o RED ficou com médias entre 66,67 e 100 pontos (Gráfico 3).

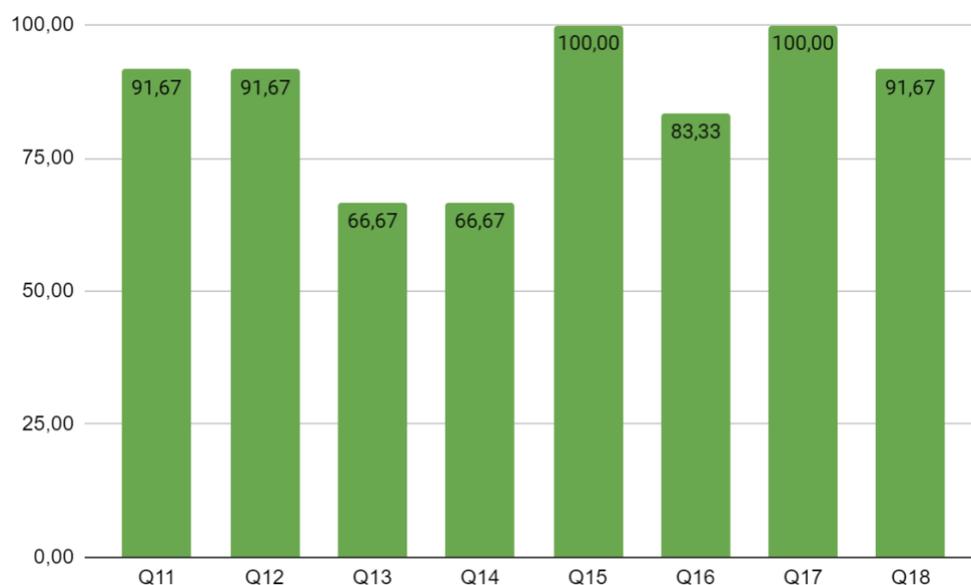
A avaliação do jogo é satisfatória. Os critérios Q15 e Q17 obtiveram média 100 e representam a importância de o jogo abordar conceitos e de sua utilidade para resolver problemas na vida cotidiana sistematizadamente, trabalhando diversos processos cognitivos, como observação, visualização, entre outros.

Os critérios Q11, Q12, e Q18 obtiveram médias 91,67, apontando a contribuição do jogo para integrar o conhecimento em outras áreas de estudo, alinhada às competências geral e específica, permitindo consolidar e aprofundar conhecimentos e habilidades desenvolvidos pelos estudantes. O critério Q16 também obteve uma média alta (83,3), mostrando uma avaliação positiva para o critério de diferentes representações do conhecimento que estimula os estudantes a escolherem a melhor representação para resolver cada situação, convertendo-as sempre que necessário.

As médias mais baixas (66,67), apesar de satisfatórias, foram dos critérios Q13 e Q14, que tratam do desenvolvimento dos diferentes tipos de raciocínio por meio de diversos problemas e

de conhecimentos do ponto de vista computacional, que abarca os princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano, respectivamente. Consideramos que acrescentar variados tipos de problemas que exigem diferentes tipos de raciocínio em um jogo educacional digital é complexo para o tempo de produção.

Gráfico 3 – Médias por critérios específicos de avaliação pedagógica de Recursos Digitais no âmbito do PNLD.

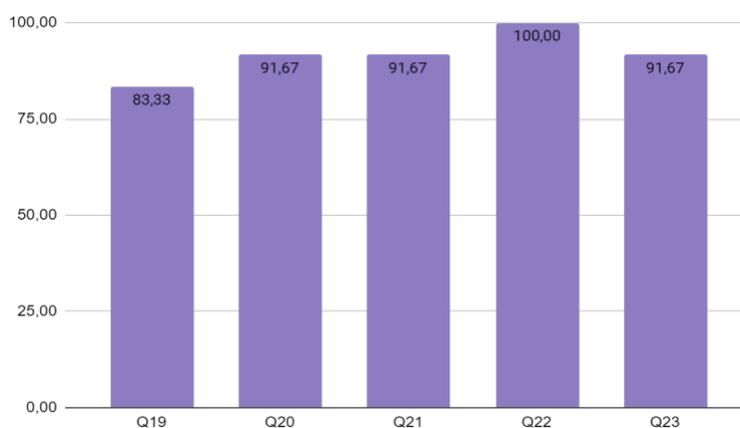


O Gráfico 4 mostra os resultados da avaliação do Guia Didático-Pedagógico em relação ao tratamento do conhecimento, à clareza e à objetividade do texto, aos cenários de aprendizagem apresentados que possibilitam o professor traçar estratégias em sala de aula para o uso do jogo e à descrição das competências gerais e específicas e das habilidades da BNCC. Em todos os critérios, as médias ficaram entre 83,33 e 100, consideradas satisfatórias.

O critério Q19, cuja média foi 83,3, avalia a dimensão do Guia Didático-Pedagógico, medindo sua abordagem teórico-metodológica e sua integração com a área do conhecimento. Os critérios Q20, Q21 e Q23, com médias 91,67, tratam das competências geral e específica, da habilidade da BNCC e sua articulação com os objetivos a partir da abordagem teórico-metodológica apresentada no Guia Didático-Pedagógico e dos possíveis cenários de aprendizagens que vão auxiliar o professor a desenvolver estratégias didáticas e de avaliação por meio do jogo Enigmas de Yucatàn. O critério Q22, com média 100, trata da mecânica do jogo.

Os resultados apontam que o jogo Enigmas de Yucatàn está em conformidade com as exigências e os critérios adotados no modelo de avaliação escolhido e demonstra ser um recurso com potencial para uso pelos professores no desenvolvimento de aprendizagens dos seus estudantes. As análises indicam que o jogo possui linguagem clara e objetiva para mediar os conhecimentos acerca de projeções 2D e 3D, bem como apresenta vários tipos de representações de objetos e transformações. O recurso é, portanto, atraente e com potencial para promover o engajamento de estudantes e o desenvolvimento de conhecimentos.

Gráfico 4 – Médias por critérios específicos no âmbito do PNLD do Guia Didático-Pedagógico.

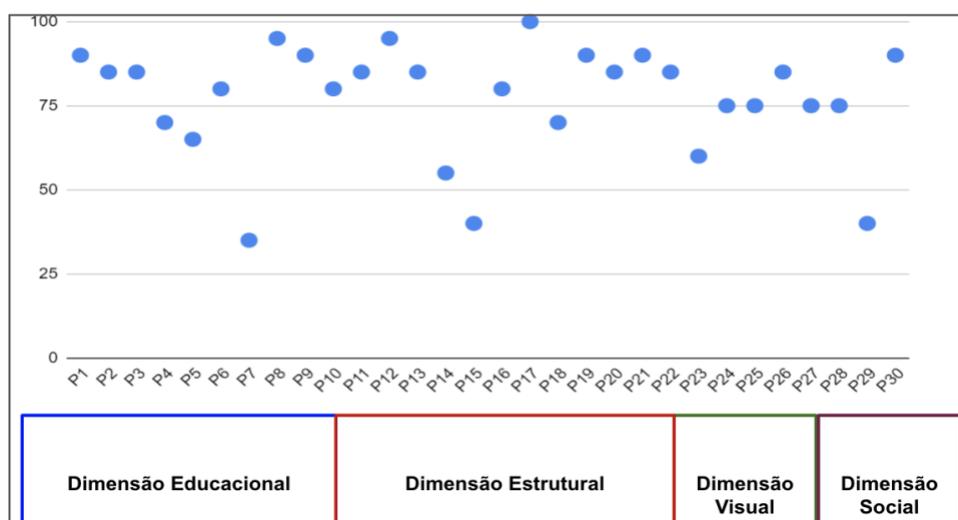


O Guia Didático-Pedagógico do Enigmas de Yucatàn atende aos critérios de avaliação de materiais didáticos no âmbito do PNLD. Esse recurso também obteve resultado satisfatório e mostrou-se com potencial para auxiliar o professor em sua prática pedagógica; ele está alinhado com os objetivos do jogo e com a BNCC. Os analistas destacam que o recurso tem potencial para ser usado por professores em suas aulas para auxiliar sua prática pedagógica.

5.2 Percepção de professores do Ensino Médio

O Gráfico 5 mostra as médias do formulário de avaliação respondido pelos professores. No eixo horizontal, temos a lista das sentenças e suas dimensões, enquanto no eixo vertical há a pontuação referente a cada classificação. Cada ponto do gráfico é posicionado de acordo com a média aritmética das pontuações das classificações de cada sentença. Assim, por exemplo, podemos dizer que na questão P10 (Os materiais de conteúdo são envolventes) a média de avaliações é 80, ou seja, um resultado que estaria entre “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”.

Gráfico 5 – Médias das respostas dos professores especialistas.



Os itens da dimensão educacional foram avaliados com notas médias de 82. Apesar de os objetivos de aprendizagem terem sido percebidos como claros e adequados para o processo de aprendizado (P04, média 70), os professores relataram dificuldade na visualização da rotação das chaves do jogo nos eixos indicados pelos botões na parte relativa a essa funcionalidade.

O jogo inicia em um labirinto de dimensões reduzidas e apresenta chaves de faces primeiramente ortogonais. A cada fase os enigmas são mais complexos. É possível que o nível de aprendizado individual não seja considerado, dado que se espera que o jogador consiga evoluir conforme as fases avançam. Por esse motivo, o jogo parece considerar os diferentes níveis de aprendizado individual (P05, média 65).

Após a conclusão do jogo, é possível voltar para fases específicas, com as dificuldades de acordo com a curva de aprendizagem definida. Porém, o RED não apresenta diferenciação nos níveis de dificuldades entre iniciante, intermediário e avançado, por exemplo, pois a fase é a mesma, e as chaves podem mudar aleatoriamente. Portanto, escolher a dificuldade não é possível. Assim, o jogo foi percebido como não oferecendo a possibilidade de escolher a dificuldade (P07, média 35).

Os itens da dimensão estrutural foram avaliados com notas médias de 79. Na percepção dos professores, parece haver erros que impedem o avanço do jogo (P14, média 55). Essa média é considerada alta.

A flexibilidade de uso foi percebida como baixa, por não ser possível usar quaisquer estratégias para vencer o jogo (P15, média 40). Uma média baixa nesse aspecto significa que o game solicita habilidades muito específicas do estudante, logo, o aprimoramento de novas habilidades por meio do uso variado de situações é limitado. O RED parece não fornecer informações suficientes para começar a jogar (P18, média 65). Assim, vale destacar que a versão avaliada não possuía ainda um tutorial inicial que explicava seu funcionamento, por isso essa média foi baixa.

Os itens da dimensão visual foram avaliados em média com 74. O jogo parece permitir visualizar o status do sistema do celular enquanto se joga (P23, média 60). É preciso uma discussão de validação com esse tópico. Uma média baixa pode significar que o jogo abre pouca margem à distração externa, porém é útil ter exibida informação sobre a bateria do celular ou notificações de mensagens.

Os itens da dimensão social foram percebidos com nota média de 68. O jogo parece não promover colaboração entre estudantes (P29, média 40). Essa média era esperada, pois o jogo é individual. Entretanto, ressalta-se que os professores podem criar estratégias de colaboração em sala de aula a partir de trabalho em grupo.

Durante suas avaliações, os professores emitiram diversos comentários sobre os materiais. Listamos a seguir algumas respostas à pergunta sobre aspectos do jogo considerados úteis ou valiosos recebidas via formulário:

1. *As partes geométricas das chaves e a geometria espacial de encaixe;*
2. *Desenvolvimento do raciocínio lógico matemático;*
3. *O aspecto educacional. O conteúdo apresentado é bastante claro e, além de reforçar, complementa bem o conteúdo escolar;*
4. *Participação entre os alunos;*
5. *Abordar o estudo de poliedros de maneira dinâmica, eficiente e divertida de uma forma que é impossível de abordar pelos meios convencionais (piloto e quadro).*

A relação entre conteúdo e estudantes é citada por quatro dos cinco professores, condizente à pontuação 90 que a sentença P01 obteve acerca da integração de conteúdo entre estudante e jogo. O quarto comentário, referente à participação dos alunos, vai de encontro à média 40 da sentença P29, que pergunta se o jogo pode promover colaboração entre estudantes. Uma amostra maior de avaliadores poderia esclarecer tal divergência.

No último comentário há uma observação sobre como o jogo pode servir para superar limitações de recursos analógicos em sala de aula, como o uso de piloto e do quadro. Tal evidência foi relevante para o desenvolvimento de REDs. Por meio dos mesmos formulários, recebemos sugestões dos professores acerca de melhorias para o jogo, listadas a seguir:

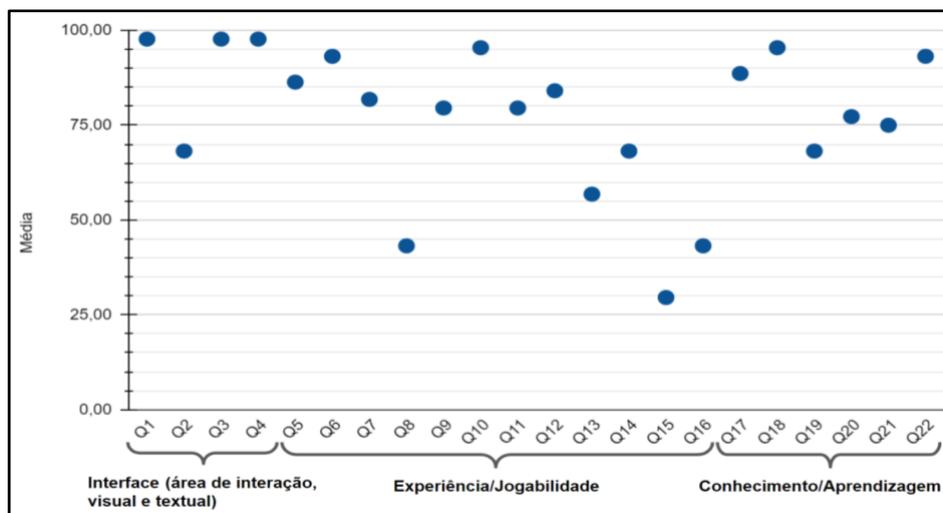
1. *Mais cores nos ambientes, controle para girar as chaves maior, e na primeira fase, se tentar novamente após passar, trava a fase;*
2. *Usabilidade dos comandos;*
3. *Senti dificuldades no encaixe das chaves. Fiquei na base da tentativa e erro;*
4. *Deixaria mais claro como funciona a rotação por meio de sua visualização em 3D ou por meio de um tutorial no início do jogo, mostrando como ela funciona. Poderia ser feita uma animação no início do jogo, deixando claro sua proposta, objetivos e a justificativa do personagem e do cenário que o cerca.*

Das quatro sugestões, três referenciam a rotação das chaves para encaixar nas fechaduras. Por isso, foi inserido um tutorial no jogo explicando sobre tal elemento para facilitar o entendimento.

5.3 Percepção dos estudantes do Ensino Médio

O Gráfico 6 apresenta os dados gerais da avaliação realizada pelos estudantes do Ensino Médio, dividido em três dimensões: interface, experiência/jogabilidade e conhecimento/aprendizagem. A quarta dimensão da estrutura de avaliação composta de questões abertas será discutida posteriormente.

Gráfico 6 – Médias das avaliações dos estudantes.



No eixo horizontal, estão apresentadas a lista das sentenças e suas dimensões; no eixo vertical, estão as pontuações referentes a cada classificação. Cada ponto do gráfico é posicionado de acordo com a média aritmética de cada sentença (Gráfico 6), que varia de 0 a 100; os estudantes avaliaram cada sentença, com base na escala Likert (1932), em cinco níveis de concordância.

Das 22 questões do instrumento, 15 foram avaliadas com média igual ou maior que 75, e quatro questões tiveram média entre 50 e 75, indicando que a avaliação geral dos estudantes foi muito positiva. As duas questões de média menor que 50 (Q15 – Achei o jogo meio parado e Q16 – Houve momentos em que eu queria desistir do jogo) estão associadas com a dimensão de experiência/jogabilidade e correspondem ao feedback dos jogadores sobre o divertimento e o engajamento do jogo. A média baixa nessas questões é um ponto positivo, pois indica que os

estudantes discordam pelo menos parcialmente dessas afirmações. Portanto, a maioria dos estudantes considera o jogo com uma boa jogabilidade, que as mecânicas foram condizentes em manter o usuário engajado durante todo o jogo e que não consideraram as tarefas muito difíceis.

O RED foi concebido para ter uma curva de dificuldade em relação às figuras tridimensionais e ao tamanho dos labirintos. Conforme o estudante avança no jogo, as formas ficam mais complexas, e os labirintos, maiores. Como o jogo tem como alvo estudantes de diferentes contextos sociais, preferimos não construir uma curva muito acentuada, para que a aprendizagem ocorresse de forma menos desafiadora e mais exploradora. Tal decisão acabou influenciando na percepção de dificuldade dos jogadores avaliadores.

A quarta dimensão – Controle e melhorias no recurso/conhecimento – foi avaliada com questões abertas. Segue uma síntese dos pontos positivos levantados pelos estudantes:

1. *Formas geométricas e a rica cultura dos povos;*
2. *A agilidade para alcançar o tempo e ganhar mais pontos;*
3. *Ele dá bastante informação do conteúdo que ele quer passar ao prosseguir do jogo;*
4. *O tema histórico abordado, foi muito interessante aprender sobre;*
5. *A forma como ele aborda assuntos já vistos. Alguns assuntos abordados no jogo eu não lembrava nem por onde começava! Então o jogo me estimulou a lembrar dessas aulas;*
6. *Achei genial as rotações com as chaves; o design é maravilhoso, e a única coisa que me fez estranhar um pouco no começo foi a movimentação, mas acostumei e gostei muito do jogo;*
7. *A forma de utilização da rotação das chaves;*
8. *O conteúdo que ele passa;*
9. *Aspectos lógicos das dimensões;*
10. *Dinâmica apresentada pelo jogo e a mecânica.*

Um dos principais pontos positivos relatados pelos estudantes foi a história e a cultura do povo maia apresentadas. Tal aspecto traz a ideia da interdisciplinaridade que o jogo promove. Um dos estudantes menciona que o RED trouxe conteúdos vistos anteriormente e que não recordava. Essas afirmações ressaltam a importância do jogo para apresentar interativamente o conteúdo por meio de simulações e representações das projeções 2D e 3D. Os estudantes apresentaram sugestões de melhorias:

1. *Achei as teclas de movimento pequenas, muitas vezes clicamos em direções diferentes da que gostaríamos, devido ao tamanho;*
2. *A abertura das chaves (esse processo);*
3. *Achei a posição do controle de movimentos meio ruim, estranha. Mas como é uma preferência pessoal, eu só colocaria outras opções de controle nas configurações para o próprio usuário escolher a sua preferência;*
4. *Não possuo nenhuma ideia no momento, apenas mais níveis e algumas cutscenes (cinemáticas para integrar meio que uma historinha) ao desenvolver do jogo;*
5. *Sei que isso faz parte da dinâmica do jogo, mas a parte que eu menos gostei foi o fato da luz só iluminar um círculo ao redor do personagem. Eu ficava meio perdida em relação a isso;*
6. *Às vezes se tem duas chaves iguais no mapa, e se você abrir com a chave errada, você não consegue progredir no jogo, e isso o força a reiniciar o nível, não acho que tenha sido proposital. Acho que não fazer as relíquias e as chaves pularem, fazendo assim elas aparecerem apenas quando o jogador estivesse a caminho delas, tornaria o jogo mais difícil e desafiador;*

7. *A igualdade das chaves, em certos momentos, aparentavam estarem idênticas ambas chaves, porém não prosseguia a fase;*
8. *A movimentação do personagem às vezes dificulta a jogabilidade;*
9. *A forma de encaixar as chaves.*

O aspecto mais levantado pelos estudantes como melhoria foi a questão relativa às “chaves” (4 estudantes). O segundo ponto mais mencionado foi o do controle de movimento do personagem (3 estudantes).

O processo de avaliação dos estudantes foi essencial para a validação do jogo, pois são eles os usuários finais. Nesse processo podemos observar vários aspectos de conteúdo, jogabilidade e de ludicidade que vão contribuir por meio desses feedbacks para o processo de desenvolvimento dos futuros REDs.

A avaliação pelos estudantes do Enigmas de Yucatàn permitiu evidenciar que o jogo foi percebido com potencial para auxiliar os estudantes na aprendizagem de projeções 2D e 3D e de promover o desenvolvimento de habilidades relativas a esse conteúdo. O Enigmas de Yucatàn auxilia no desenvolvimento de aprendizagens pelo seu caráter educacional e lúdico, sendo também um complemento do conteúdo relacionado a projeções 2D e 3D, tanto no jogo em si como na Área do Estudante.

6 Discussão

A literatura recente sobre a aprendizagem de geometria espacial evidencia que uma das dificuldades para se efetivar o seu ensino é a disponibilidade de modelos tridimensionais adequados e variados o suficiente para que os estudantes possam, de maneira clara, visualizar conceitos e propriedades, incentivando a curiosidade, o interesse pela experimentação e sua participação crítica nas aulas de Matemática.

Nesse cenário, o Enigmas de Yucatàn apresenta um diferencial em seu design, por relacionar o lúdico e o didático e propiciar aos seus usuários elementos para imersão interativa dos conhecimentos apresentados. As transformações do objeto geométrico interativamente e em tempo real, por meio da rotação da figura nos eixos, e estabelecendo relação entre a perspectiva 2D e a 3D, oportuniza a aprendizagem autônoma e divertidamente. Por outro lado, esse recurso não substitui o professor, principal responsável por mediar a aprendizagem dos estudantes, principalmente quando se trata de rotação de figuras tridimensionais em eixos cartesianos, sendo um conteúdo dificilmente trabalhado em sala de aula, por demandar tempo e habilidades do professor(a) para desenhar.

Após as avaliações dos especialistas e dos estudantes, foram realizados alguns ajustes para tornar evidente, por exemplo, o funcionamento do controle de rotação nos eixos, para permitir a percepção e a compreensão do conhecimento apresentado.

Dessa forma, o presente estudo descreve a percepção de estudantes e de professores do Ensino Médio sobre o RED. Com esse intuito, o processo de avaliação dos especialistas revela percepções positivas desses dois grupos de usuários acerca da efetividade de seu uso no contexto da aprendizagem de geometria especial e sua aceitação pelos estudantes. A avaliação foi essencial para a produção do jogo, pois diversos questionamentos sobre a qualidade do material podem se perder ao longo do processo de seu desenvolvimento.

A abertura dos processos de design permite a apropriação de pontos de vistas externos aos da equipe, para colaborarem com a evolução passo a passo do material. Como consequência,

alguns pontos foram melhorados a partir das evidências sobre itens específicos dos instrumentos de avaliação. A seguir apresentamos esses itens, as respectivas melhorias e suas ilustrações.

Q04 – Os objetivos de aprendizagem são claros e adequados para o processo de aprendizado. Um elemento do tutorial para explicar como rotacionar peças em cada botão foi implementado na interface do jogo para superar as dificuldades observadas (Figura 4).

Figura 4 – Modelo de “chave” usada no tutorial do Enigmas de Yucatàn.



Q05 – O jogo considera os diferentes níveis de aprendizado individual. Mesmo que não haja uma tela de seleção do nível de dificuldade no jogo, a construção de um mapa apresenta a evolução das fases e deixa a entender que a dificuldade aumenta conforme se joga (Figura 5).

Figura 5 – Recorte da tela sobre os níveis do jogo.



Q15 – É possível usar quaisquer estratégias para vencer o jogo. Acreditamos que o uso ou não do mapa para se localizar itens enquanto percorre o labirinto configura diferentes estratégias de jogo, então são sugeridas no Guia Didático-Pedagógico atividades que incentivem tal estratégia (Figura 6).

Figura 6 – Recorte da tela exibindo um dos mapas do jogo.



Q18 – O jogo fornece informações suficientes para começar a jogar. A inserção do tutorial foi bem recebida pelos professores avaliadores numa segunda seção de avaliação (Figura 6).

Figura 7 – Zazil, personagem do RED, introduz o jogo com tutorial para sua mecânica.



Q29 – O jogo pode promover a colaboração entre os estudantes. No Guia Didático-Pedagógico, apresentamos sugestões em que dois estudantes podem dividir um aparelho na hora de jogar ou, em sala de aula, ajudar no domínio das habilidades do jogo.

A partir dessa validação e de suas correções, o jogo passou por modificações. Enigmas de Yucatán, como um processo colaborativo de construção, está em constante evolução, e as versões mais atuais trazem elementos mais atualizados de acordo com as avaliações mais recentes. Toda metodologia construída para validar o jogo se mostrou amplamente útil e enriquecedora, e pontos que possuem média baixa são priorizados no processo de pós-produção até a entrega.

7 Considerações finais

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade educacional do Recurso Educacional Digital para dispositivos móveis Enigmas de Yucatán, concebido com o objetivo de propiciar situações didáticas para favorecer a aprendizagem de transformações espaciais. Esse objetivo atende à necessidade de desenvolver maneiras de visualização de imagens que ajudem a comunicar e a perceber formas e transformações de conceitos geométricos na resolução de problemas. Na pesquisa, foram avaliadas as percepções de professores, estudantes e especialistas.

A avaliação externa por professores e estudantes do Ensino Médio gerou evidências da efetiva contribuição do RED para esses processos. O conhecimento gerado orienta o design desse material e a prototipação e o desenvolvimento dos futuros jogos. A partir dos resultados obtidos, foram realizadas melhorias em versões subsequentes antes de o game ser publicado nas lojas de aplicativos Google Play e Apple Store, em formato de aplicativo de dispositivos móveis, tais como *smartphone* e *tablet* (QUEIROS *et al.*, 2021a; QUEIROS *et al.*, 2021b).

Apesar das evidências iniciais sobre a sua efetividade, sugerimos a realização de estudos com estudantes do Ensino Médio durante a utilização do RED, para verificar como os conceitos apresentados são compreendidos. Da mesma forma, é recomendado realizar estudos em arranjos sociais distintos, como seu uso em situação escolar, quer na modalidade presencial ou no formato híbrido, ou remoto. Tais levantamentos podem corroborar os achados encontrados nas avaliações apresentadas no presente estudo.

Agradecimentos

Agradecimentos a todos os integrantes do laboratório (V-Lab UFPE), que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa. O projeto foi financiado pelo Ministério da Educação (MEC) via TED (8759/2019). Leandro Marques Queiros é aluno de doutorado e recebe bolsa do CNPq, processo 140980/2017-2. Alex Sandro Gomes é Pesquisador DTI-1D CNPq, processos 303798/2021-1 e 402802/2021-7. Ele agradece ainda à FACEPE pelo apoio APQ 0525-1.03 /14.

Referências

- Abelson, H., & DiSessa, A. A. (1986). *Turtle geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*. London: MIT press. [[GS Search](#)]
- Almouloud, S.A.; Manrique, A. L.; Silva, M. J. F. D.; Campos, T. M. M. (2004). A geometria no ensino fundamental: reflexões sobre uma experiência de formação envolvendo professores e alunos. *Revista Brasileira de Educação*, São Paulo, vol. 01, n. 27, p. 94-108, 2004. doi: [10.1590/S1413-24782004000300007](https://doi.org/10.1590/S1413-24782004000300007) [[GS Search](#)]
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational studies in mathematics*, Netherlands, v. 52, n. 3, p. 215-241, Abri, 2003. doi: [10.1023/A:1024312321077](https://doi.org/10.1023/A:1024312321077) [[GS Search](#)]
- Barbosa, C. P. (2011). *O pensamento geométrico em movimento: um estudo com professores que lecionam matemática nos anos iniciais do ensino fundamental de uma escola pública de Ouro Preto (MG)*. 187f. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática, UFOP, Ouro Preto. [[GS Search](#)]
- Baulac, Y.; Belleiman, F.; Laborde, J.-M. (1990). *Cabri-géomètre©* [Programa de Computador]. Berlin: Cornelsen.
- Belfer, K.; Nesbit, J.; Leacock, T. (2002). *Learning object review instrument (LORI)*. Version 1N4. [[GS Search](#)]
- Brasil (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Fundamental – Matemática*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Ensino Fundamental. [[GS Search](#)]
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília, DF: MEC. [[GS Search](#)]

- Brasil (2017). Decreto n.º 9.099, de 18 de julho de 2017. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9099.htm. Acesso em: 7 dez. 2020.
- Brasil (2019). Edital de convocação n.º 03/2019 – CGPLI e Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático-PNLD 2021. Brasília: Fundo Nacional da Educação Básica. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/165-editais?download=13698:edital-consolidadeo-pnld-2021>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- Dennis, D.; Confrey, J. (1998). Geometric Curve Drawing Devices as an Alternative Approach to Analytic Geometry: An Analysis of the Methods, Voice, and Epistemology of a High School Senior. Designing Learning Environments for Developing Understanding of Geometry and Space. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. [[GS Search](#)]
- Delmondi, N. N.; Pazuch, V. (2018). Um panorama teórico das tendências de pesquisa sobre o ensino de transformações geométricas. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Brasília, v. 99, n. 253, p. 659-686, set/dez. [[GS Search](#)]
- Delmondi, N. N.; Pazuch, V. (2019a). O ensino de Transformações Geométricas: uma análise dos cadernos do aluno e do professor do Estado de São Paulo. Revista de Educação Matemática, São Paulo, v.16, n. 22, p. 210-231, mai/ago 2019. [[GS Search](#)]
- Delmondi, N. N.; Pazuch, V. (2019b). O ensino de transformações geométricas: perspectivas teóricas e metodológicas. Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga, v.6, n. 5, p. 137-158, jun 2019. [[GS Search](#)]
- Fainguelernt, E. K. (1999). Educação matemática: representação e construção em geometria. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999. [[GS Search](#)]
- Gomes, A. S.; Vergnaud, G. (2004). On the learning of geometric concepts using dynamic geometry software. RENOTE, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p.1-20, mar 2004. doi: [10.22456/1679-1916.13755](https://doi.org/10.22456/1679-1916.13755). [[GS Search](#)]
- Hoyles, C.; Jones, K. (1998). Proof in dynamic geometry contexts. [[GS Search](#)]
- Laborde, C. (2002). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-Geometry. International Journal of Computers for Mathematical Learning, v. 6, n. 3, p. 283-317, jan 2002. doi: [10.1023/A:1013309728825](https://doi.org/10.1023/A:1013309728825) [[GS Search](#)]
- Lorenzato, S. (2006). O Laboratório de Ensino de Matemática na formação de professores. 1ª. Ed. Campinas, SP: Autores Associados, p. 3-37, 2006 (Coleção Formação de Professores). [[GS Search](#)]
- Laborde, C. (2002). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-Geometry. International Journal of Computers for Mathematical Learning, Netherlands, v. 6, n.3, p. 283-317, jan 2002. doi: [10.1023/A:1013309728825](https://doi.org/10.1023/A:1013309728825) [[GS Search](#)]
- Leivas, J. C. P. (2009). Imaginação, Intuição e Visualização: a riqueza de possibilidades da abordagem geométrica no currículo de cursos de licenciatura de matemática. Paraná: UFPR, 2009. [[GS Search](#)]
- Leivas, J. C. P.; Marin, G. B. (2013). O uso do Cabri 3D para desenvolver habilidade de visualização. Boletim GEPEM (Online), Seropédica, v. 63, p. 105-121, jan/jul 2013. doi: [10.4322/gepem.2014.037](https://doi.org/10.4322/gepem.2014.037) [[GS Search](#)]

- Leivas, J. C. P. (2014). Ensino de geometria: uma experiência investigativa em uma aula de mestrado profissionalizante. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, São Paulo, v. 16, n. 4, p.1181-1199, 2014. [[GS Search](#)]
- Leivas, J. C. P., Mathias, C. V., & Bettin, A. D. H. (2020). Tratamento figural utilizando o Geoplano Octododecágono: um espaço de trabalho geométrico. *Revista Educar Mais*, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 40-56, dez 2020. doi: [10.15536/reducarmais.4.2020.40-56.1655](https://doi.org/10.15536/reducarmais.4.2020.40-56.1655) [[GS Search](#)]
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*. [[GS Search](#)]
- Lorenzato, S. (1995). Por que não ensinar Geometria? *Educação em Revista – Sociedade Brasileira de Educação Matemática*, Ano 3, n.4, p. 4-13. [[GS Search](#)]
- Mohamed, H.; Yusoff, R.; Jaafar, A. (2012). Quantitive analysis in a heuristic evaluation for usability of educational computer game (UsaECG). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION RETRIEVAL & KNOWLEDGE MANAGEMENT, 2012, Anais. IEEE, 2012. p. 187-192. doi: [10.1109/InfRKM.2012.6205033](https://doi.org/10.1109/InfRKM.2012.6205033) [[GS Search](#)]
- Moraco, A. S. D. C. T. (2006). Um estudo sobre os conhecimentos geométricos adquiridos por alunos do Ensino Médio. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. [[GS Search](#)]
- Nakamura, P. H. S.; Pazuch, V. (2020). Uma análise do conteúdo de transformações geométricas em livros didáticos do Ensino Médio. *Educação Matemática Debate*, Montes Claros, v. 4, n. 10, p. 1-19. [[GS Search](#)]
- Noss, R. (1987). Children's learning of geometrical concepts through Logo. *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 18, n. 5, p. 343-362, nov 1987. doi: [10.5951/jresmetheduc.18.5.0343](https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.18.5.0343) [[GS Search](#)]
- Papert, S., Valente, J. A., & Bitelman, B. (1980). Logo: computadores e educação. Brasiliense. [[GS Search](#)]
- Pavanello, R. M. (2004). A geometria nas séries iniciais do ensino fundamental: contribuições da pesquisa para o trabalho escolar. *Matemática nas séries iniciais do ensino fundamental: a pesquisa e a sala de aula*. São Paulo: SBEM, 2004, p.129-143. [[GS Search](#)]
- Piaget, J.; Inhelder, B. (1993). A representação do espaço na criança. Porto Alegre: Artes Médicas. [[GS Search](#)]
- Pinto, J. C. (2010). A função logarítmica obtida por simetria da função exponencial: explorando visualização. *UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, Córdoba, n. 23, p. 93-106, set 2010. [[GS Search](#)]
- Pires, C. M. C. (2008). Educação Matemática e sua influência no processo de organização e desenvolvimento curricular no Brasil. *Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v. 21, n. 29, p. 13-42. [[GS Search](#)]
- Queiros, L. M.; Gomes, A. S.; Pereira, J. W.; Silva Neto, D. F.; Fernandes, A. M.; Holanda, F. V. V.; Melo, G. A. C.; Mariz, H. A.; Zambom, E. G.; Torres, M. B. De M.; Teixeira, L. M.; Alves, T. T.; Queiroga, M. O. De F.; Luna, B. G.; Silva, C. J. P.; Souza, A. P. C.; Moreira, A. V. M.; Queiroz, M. P.; Lima, R. M. F.; Nogueira, T. J. D. D.; Luck, M. Enigmas de Yucatàn. In: *Enigmas de Yucatàn*, 2020(a). Google Play: Governo do Brasil, 18 jun. 2021. Disponível em:

- https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.mec.vlabEnigmasDeYucatn&hl=pt_BR&gl=US. Acesso em: 30 jun. 2021.
- _____; _____. Enigmas de Yucatàn. In: Enigmas de Yucatàn, 2020(b). App Store: Governo do Brasil, 18 jun. 2021. Disponível em: <https://apps.apple.com/us/app/enigmas-de-yucatn/id1542985722>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- _____; _____. Enigmas de Yucatàn. In: Enigmas de Yucatàn, 2020(c). Plataforma Integrada do MEC: Governo do Brasil, 8 abr. 2021. Disponível em: <https://plataformaintegrada.mec.gov.br/recurso/358414>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- Seloraji, P.; Eu, L. K. (2017). Students' Performance in Geometrical Reflection Using GeoGebra. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, v. 5, n. 1, p. 65-77, jul 2017. [GS Search]
- Savi, R.; Von Wangenheim, C. G.; Ulbricht, V.; Vanzin, T. (2010). Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *Renote, Porto Alegre*, v. 8, n. 3, dez 2010. [GS Search]
- Silva, A. C. B. D.; Gomes, A. S. (2015). *Conheça e utilize software educativo: avaliação e planejamento para a educação básica*. Recife: Pipa Comunicação, 2015. [GS Search]
- Silva, C. T. J. Da; Gitirana, V.; Bellemain, F.; Dos Santos Tibúrcio, R. (2019). Function Studium: concepção, desenvolvimento e validação de um software para abordar funções em uma perspectiva covariacional. *Perspectivas da Educação Matemática, Campo Grande*, v. 12, n. 28, p. 245-271, jan/abr 2019. [GS Search]
- Silva, C. T. J. Da. (2016). *A Engenharia Didático-Informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação*. 2016. 164f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática)– Universidade Federal de Pernambuco, Recife. [GS Search]
- Starepravo, A. R. (2009). *Jogando com a matemática: números e operações*. Curitiba: Aymarã.
- Sweetser, P.; Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment (CIE)*, v. 3, n. 3, p. 3, jul 2005. doi: [10.1145/1077246.1077253](https://doi.org/10.1145/1077246.1077253) [GS Search]
- Turgut, M. (2021). Reinventing Geometric Linear Transformations in a Dynamic Geometry Environment: Multimodal Analysis of Student Reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, p. 1-21, jun 2021. doi: [10.1007/s10763-021-10185-y](https://doi.org/10.1007/s10763-021-10185-y) [GS Search]
- Van De Walle, J. A.; Lovin, L. A. H. (2006). *Teaching Student-Centered Mathematics – Grades 5-8*. New York: Pearson. [GS Search]