



FRACIOMIA E O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES

FRACIOMIA AND THE TEACHING AND LEARNING OF FRACTIONS

Cleunice Martins de Siqueira da Silva

Mestre em Educação (IFC)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC)

cleunicems.dasilva@gmail.com

Gicele Vergine Vieira

Doutora em Inglês e Literatura Correspondente (UFSC)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC)

gicele.vieira@ifc.edu.br

Resumo

Esta pesquisa investigou as contribuições do jogo digital Fraciomia para o ensino de operações matemáticas com números fracionários. A análise qualitativa dos dados foi conduzida em duas etapas: (1) análise de critérios heurísticos de usabilidade considerando a relação humano-computador; (2) análise de aspectos pedagógicos do jogo, realizada com base nos pressupostos da Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural. Em relação aos critérios de usabilidade, os resultados da análise ergonômica revelaram que o Fraciomia se preocupa com a apresentação de uma interface atrativa e intuitiva, apresenta relação com o mundo real, mantém um design minimalista com consistência e padrões internos e externos e evita a sobrecarga cognitiva do usuário. Porém, apresenta um sistema de *feedback* essencialmente técnico, não contemplando aspectos didático-pedagógicos. Quanto à análise dos aspectos pedagógicos, os resultados sugeriram uma inter-relação entre a mediação da intencionalidade e da transcendência em contextos digitais (de jogo). Em suma, sugere-se que o jogo Fraciomia pode promover a motivação e o engajamento cognitivo dos estudantes, contribuindo para a abstração e aplicação dos conceitos matemáticos relacionados às operações com números fracionários. Porém, por apresentar aspectos deficitários em relação à mediação da intencionalidade e da transcendência, sua utilização pode não ser apropriada na ausência de um mediador.

Palavras-chave: Jogos digitais. Ensino-aprendizagem. Números fracionários.

Abstract

This research investigated the contributions of the digital game Fraciomia to the teaching of mathematical operations with fractional numbers. The qualitative analysis of the data was conducted in two stages: (1) analysis of heuristic usability criteria considering the human-computer relationship; (2) analysis of pedagogical aspects of the game, based on the assumptions of the Theory of Structural Cognitive Modifiability. Regarding usability criteria, the results of ergonomic analysis revealed that Fraciomia concerns itself with presenting an attractive and intuitive interface, has a connection with the real world, maintains a minimalist design with internal and external consistency and patterns, and avoids cognitive overload for the user. However, it presents an essentially technical feedback system, not contemplating didactic-pedagogical aspects. As for the analysis of pedagogical aspects, the results suggested an interrelation between the mediation of intentionality and transcendence in digital (game) contexts. In short, it is suggested that the game Fraciomia can promote learners' motivation and cognitive engagement, contributing to the abstraction and application of mathematical concepts related to operations with fractional numbers. However, due to deficient aspects in relation to the mediation of intentionality and transcendence, its use may not be appropriate in the absence of a mediator.

Keywords: Digital games. Teaching and learning. Fractional numbers.

1 INTRODUÇÃO

Os jogos digitais começaram a marcar presença na sociedade brasileira a partir do século XX com a rápida evolução de tecnologias de *software* e *hardware* que aproximaram os jogos digitais da realidade (Santos; Silva Junior, 2014). Foi por volta de 1980 que o primeiro console de *games* fez sucesso no Brasil e a partir da década de 90 que os jogos (tradicionais e, mais tarde, os digitais) começaram a ser inseridos no contexto escolar (Santos; Silva Junior, 2014).

Os jogos digitais são considerados uma marca da vida contemporânea, capazes de envolver seus jogadores, de forma voluntária, em situações nas quais, em geral, as regras da vida não se aplicam e elementos específicos se manifestam em busca da solução de um determinado problema. Muitos adolescentes e crianças que atualmente ocupam os bancos escolares possuem fácil acesso à recursos digitais diversos, tanto *software* quanto *hardware*, além de dominarem as habilidades necessárias para usá-los adequadamente (Palfrey; Gasser, 2011).

Todavia, não existe uma resposta pronta para “quais recursos” são adequados ao ambiente escolar, tão pouco como utilizá-los. Para isso, o professor precisa estar preparado para avaliar o potencial pedagógico do recurso tecnológico que pretende utilizar na busca por uma metodologia mais coerente com as necessidades cognitivas e sociais dos nativos digitais (Prebianca; Cardoso; Finardi, 2014). Esta avaliação, por sua vez, pode ser confusa e problemática se o professor não tiver clareza de quais critérios analisar, ou seja, quais características precisam estar presentes no recurso tecnológico que se deseja usar para que este realmente cumpra com os propósitos pedagógicos definidos pelo docente para determinado grupo de estudantes ao ensinar determinado conteúdo. Com essa preocupação em mente, é imprescindível que o professor esteja atento ao seu planejamento pedagógico, às necessidades e anseios do seu grupo de aprendizes, e à questões como: o recurso tecnológico que pretendo utilizar é apropriado para o conteúdo que quero ensinar?, é adequado ao meu público-alvo em termos visuais e de uso da linguagem?, é de fácil acesso e uso?, é um recurso capaz de promover o aprendizado de forma diferente da qual costuma-se empregar ao ensinar determinado conteúdo ou trata-se apenas de uma inovação conservadora (nas palavras de Cysneiro, 1998)¹?, entre outras.

Desta forma, com o intuito de propor critérios para a seleção e análise de jogos digitais para o ensino-aprendizagem de Matemática, especialmente para o ensino de frações, este artigo apresenta uma análise do jogo Fraciomia, baseada nos critérios propostos por Prebianca, Santos Júnior e Finardi (2014) e Prebianca, Vieira e Finardi (2014). Acredita-se que esta análise seja relevante pelo fato de possibilitar aos professores uma base teórico-metodológica para a avaliação de jogos digitais que possam, de fato, conduzir ao aprendizado, apresentando coerência com os conhecimentos instrucionais e que, sobretudo, cumpram sua proposta pedagógica, não se resumindo apenas a recursos para entretenimento.

¹ Para Cysneiros (1998), uma inovação conservadora é “[...] quando uma ferramenta cara é utilizada para realizar tarefas que poderiam ser feitas, de modo satisfatório, por equipamentos mais simples (atualmente, usos do computador para tarefas que poderiam ser feitas por gravadores, retroprojetores, copiadoras, livros, até mesmo lápis e papel). São aplicações da tecnologia que não exploram os recursos únicos da ferramenta e não mexem qualitativamente com a rotina da escola, do professor ou do aluno, aparentando mudanças substantivas, quando na realidade apenas mudam-se aparências” (p. 15-16).

O jogo Fraciomia foi escolhido para esta pesquisa por abordar um conteúdo que se coloca como complexo no ensino de Matemática: números fracionários. Em geral, os alunos apresentam dificuldades com esse conteúdo durante todo período escolar, como, por exemplo, ao estabelecer relações entre os conceitos que envolvem as frações (de ordem abstrata) e suas aplicações na vida cotidiana (de ordem prática).

Neste sentido, acredita-se que a utilização de um jogo digital para o ensino-aprendizagem de frações parece ser motivada por dois aspectos importantes. Primeiro, apresentar, de forma divertida e desafiadora, a aplicação dos conceitos que envolvem este conteúdo escolar, promovendo uma maior motivação e propensão dos estudantes ao aprendizado por meio de um recurso interativo que não se limita a simples repetição de cálculos escritos baseados em mídias impressas (algo comum às gerações de alunos que antecederam a revolução tecnológica, porém desconectada da atual realidade dos nativos digitais). Segundo, a realidade virtual parece ser mais atrativa para esta idade escolar, propondo um contexto lúdico e experiências de aprendizagem diferenciadas, que, quando mediadas pelo professor ou pelo próprio *software* (Prebianca; Santos Júnior; Finardi, 2014), podem auxiliar na compreensão do conteúdo e na capacidade de abstração e transposição do conhecimento construído para contextos aplicados (Feuerstein; Feuerstein, 1994; Feuerstein, 1997). Acredita-se que este movimento contribua significativamente para o engajamento cognitivo dos estudantes (Csikszentmihalyi, 1990 *apud* Weissheimer; Braga, 2016), que ao jogar se sentem desafiados a progredir para as etapas/níveis consecutivos do jogo a fim de completar ou solucionar a situação-problema com êxito, gerando possíveis sentimentos de prazer que contribuem para o aprendizado (Weissheimer; Braga, 2016).

Na próxima seção deste artigo, apresentamos uma breve revisão de literatura sobre o que são jogos e como se constituem, com foco especial, nas características propostas por Fardo (2013), as quais julgamos serem incorporadas pelo jogo aqui analisado – o Fraciomia.

2 JOGOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Em geral, os jogos constituem-se em abstrações da realidade, pois são capazes de reproduzir, de forma simplificada, situações que no mundo real caracterizam-se por sua complexidade. Tarefas complexas da vida real tornam-se fáceis e simples em um ambiente no qual apenas algumas das características dessas tarefas são apresentadas e regras definem as poucas ações que podem ou não ser realizadas para a execução de tais tarefas (Fardo, 2013). Em outras palavras, os jogos facilitam o entendimento daquilo que é tido como complexo.

Objetivos claramente definidos são outra característica dos jogos. O objetivo do jogo resume-se, em geral, a alcançar uma meta, algo que pode ser mensurável/quantificável ao final do jogo. Os objetivos, geralmente, são apresentados ao longo do jogo, para que haja um equilíbrio entre o nível de dificuldade e o conhecimento, ou habilidades, exigidas do jogador. Alcançar a meta final, progredindo para níveis de maior dificuldade, produz no jogador uma sensação de bem-estar, de satisfação, motivando-o a continuar jogando (Fardo, 2013).

O progresso do jogador ao longo do jogo geralmente é revelado pelo *feedback* que o jogo fornece. Ou seja, é por meio do *feedback* que o jogador sabe se suas ações, técnicas ou estratégias foram exitosas e contribuíram para avançar em busca do objetivo final proposto pelo jogo (Fardo, 2013). O *feedback* pode se referir às ações no decorrer do jogo, como, por exemplo, quando uma ação é desencadeada por uma ação explícita do jogador (apertar o botão X para

fazer o personagem saltar um obstáculo) ou a uma forma de desenvolver a metacognição do jogador, levando-o a refletir sobre quais ações e estratégias não funcionaram e o que deve ser feito para evitar os erros e avançar no jogo.

Outra característica importante dos jogos é a narrativa. Essa, por sua vez, fornece um contexto, uma base para que a história se desenrole. É por meio da narrativa que os jogadores interagem com a interface do jogo, constroem conhecimentos de forma significativa, aprendem como o jogo funciona, e vivenciam experiências que talvez não teriam a chance de experimentar no mundo real (Fardo, 2013). A narrativa, portanto, além de fornecer um suporte para os eventos e acontecimentos do jogo, pode também configurar-se como um agente capaz de moldar atitudes, sentimentos e opiniões dos jogadores.

2.1 JOGOS DIGITAIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA

Para Mendes (2009, p. 12), “o ensino tradicional tenta utilizar-se de uma única codificação para transmitir de forma lógica e sistemática o conhecimento aos alunos”. No entanto, esse modelo tradicional e a pedagogia empregada nas escolas atualmente parecem não ser tão eficientes com a geração de nativos digitais (Palfrey; Gasser, 2011). A dificuldade não reside, portanto, no que ensinar, mas como ensinar, segundo Prensky (2012).

Neste contexto, disciplinas inerentemente complexas como a Matemática, que demandam um elevado grau de abstração de regras e conceitos, que podem não revelar uma relação direta com o mundo concreto, parecem ter o potencial de gerar insucessos no aprendizado e rejeição a esse componente curricular (Lealdino Filho, 2013).

Ao se deparar com uma situação-problema em sala de aula envolvendo o uso de frações, por exemplo, o aluno tende a buscar um resultado para os cálculos, sem observar os conceitos necessários para a realização desses e como podem ser empregados em situações do seu cotidiano. Imaginemos que o professor peça ao aluno para calcular, de 1 litro de leite, a quantidade representada pela fração $\frac{1}{4}$ em mililitros. Neste caso, considerando-se que um litro de leite equivale a 1000 mililitros, espera-se que o aluno realize o seguinte cálculo: 1 litro = 1000 ml, então, $\frac{1}{4} \cdot 1000 = \frac{1000}{4} = 250ml$.

Porém, similarmente, caso seja solicitado ao aluno que retire de uma embalagem de 1 litro de leite apenas $\frac{1}{4}$ deste líquido, fornecendo-lhe apenas um recipiente de medidas líquidas para colocar a quantidade solicitada, sem requisitar a realização dos cálculos, ele provavelmente enfrentará dificuldade, caso não tenha abstraído o conceito de fração.

É importante mencionar que, apesar da relação parte-todo ser apenas um dos significados do conceito de fração, geralmente é o que mais recebe ênfase na escola (Schastai, 2013), e, muitas vezes, devido ao método utilizado para ensiná-lo, os estudantes acabam por memorizar ou internalizar de forma mecanizada a resolução de cálculos envolvendo números fracionários. Acredita-se, portanto, na importância de um ensino com maior ênfase na compreensão dos processos (não apenas no resultado final), possibilitando que os alunos construam seu conhecimento por meio da relação entre o conceito, seus significados e a prática.

Sendo assim, uma possível forma de promover a reflexão sobre conceitos matemáticos e suas aplicabilidades, bem como minimizar os efeitos dos problemas de rejeição e de aprendizagem da Matemática, é o emprego de metodologias diferenciadas (Lealdino Filho,

2013) que não se preocupem apenas com a técnica e a aplicação de algoritmos, mas que contemplem o uso de ferramentas capazes de servir como ponte entre o abstrato e o real. Conforme afirma Prensky (2012, p. 23), “a aprendizagem baseada em jogos digitais é incrivelmente versátil, possível de ser adaptada a quase todas as disciplinas, informações ou habilidades a serem aprendidas e, quando usada de forma correta, é extremamente eficaz”.

Em suma, sugere-se que os jogos por meio de seus elementos constitutivos como abstração da realidade, objetivos/metapas, *feedback* e narrativa, podem ser recursos relevantes para o ensino de operações matemáticas de frações por possibilitarem a aplicação de conceitos matemáticos em contextos menos complexos, mais práticos, interativos, desafiadores e significativos para os aprendizes, ampliando dessa forma, a propensão destes ao aprendizado.

Na seção 3 deste artigo, apresentamos o referencial teórico que dá base a esta pesquisa, particularmente a Teoria de Modificabilidade Cognitiva Estrutural e seus três pilares principais: a intencionalidade, o significado e a transcendência.

3 A TEORIA DE MODIFICABILIDADE COGNITIVA ESTRUTURAL (TMCE)

A propensão ao aprendizado refere-se à habilidade humana de modificar padrões mentais de raciocínio (Feuerstein; Feuerstein, 1994; Feuerstein, 1997). Para Feuerstein, em geral, todo indivíduo é capaz de modificar-se cognitivamente, ou seja, de reorganizar sua forma de raciocinar quando devidamente inserido em situações nas quais há a manipulação de estímulos capazes de promover tais modificações. Essas situações são chamadas por Feuerstein de experiências de aprendizagem mediadas (EAM) e ocorrem unicamente por meio da mediação.

Segundo Gomes (2001, p. 39), “o conceito de modificabilidade implica uma estrutura cognitiva permeável aos estímulos e torna cada indivíduo único, imprevisível, capaz de superar suas condições atuais, [...] alterando o curso do esperado” e “[...] está diretamente relacionada com a qualidade de mediação e com os processos cognitivos e afetivos de uma pessoa” (Souza; Depresbiteris; Machado, 2004, p. 37). A construção da aprendizagem se dá, portanto, por meio da mediação que acontece em situações de aprendizagem mediadas, nas quais, de acordo com Feuerstein, o mediador transforma, manipula e adequa os estímulos, impulsionando a capacidade do indivíduo de modificar-se, de adaptar-se a novas situações, de produzir novos significados e de desenvolver habilidades mentais mais complexas (Turra, 2007; Souza et al., 2004). Em outras palavras, as EAMs permitem que o ser humano atinja diferentes níveis de entendimento/conhecimento, uma vez que a “simples exposição a estímulos ou experiências físicas e cognitivas com os objetos não proporcionaria aos sujeitos o mesmo nível de conhecimento” (Turra, 2007, p. 299).

Porém, para que de fato ocorra uma EAM, segundo Gomes (2001, p. 48), “além da transmissão de conteúdos-estímulos, deve existir uma qualidade de interação que transcenda o conteúdo e o organize”. A EAM é, nesta perspectiva, “[...] uma qualidade de interação humano-ambiente resultante das mudanças introduzidas nessa interação por um mediador humano que se interpõe entre o receptor e as fontes de estímulos” (Lima; D'Aroz, 2023, p.123). Para Feuerstein, há duas formas de se interagir com o mundo que nos cerca, por meio de interações diretas com os estímulos e objetos de conhecimento ou por meio de experiências mediadas. No entanto, apenas uma EAM, na qual o mediador interfere na ação com o intuito promover a reconfiguração dos padrões cognitivos do aprendiz, pode, de fato, levar à aprendizagem,

diferenciando-se assim, das interações generalizadas, desestruturadas e sem intencionalidade entre o aprendiz e o objeto (do conhecimento) (Feuerstein; Klein; Tannenbaum, 1994).

Assim, a TMCE (Feuerstein; Feuerstein, 1994; Feuerstein, 1997) possui três pilares principais: a intencionalidade, o significado e a transcendência, sem os quais a interação não se caracteriza como uma EAM.

A mediação da intencionalidade é importante para que ocorra a modificabilidade cognitiva do sujeito mediado. Neste processo, é preciso que o mediador deixe claro ao aprendiz as intenções relacionadas ao conteúdo ou às atividades pedagógicas que pretende realizar, bem como quais atitudes e comportamentos são esperados dos aprendizes. Portanto, é papel da mediação da intencionalidade conduzir o processo de ensino-aprendizagem a um objetivo previamente definido (Prebianca; Santos Júnior; Finardi, 2014).

A importância do que se pretende ensinar também deve ser enfatizada pelo mediador ao aprendiz. Assim, o sujeito mediado e o mediador passam a interagir, trocar conhecimentos, valores e experiências de vida, e juntos constroem significados a partir dessa interação (Prebianca; Santos Júnior; Finardi, 2014). Surge então, a mediação do significado.

Conforme Souza et al. (2004, p. 48), “a significação das tarefas é um meio imprescindível para penetrar no sistema de necessidades do mediado”. É através do significado que se percebe a relevância do objeto de aprendizagem, que o mediador avalia os estímulos apresentados ao mediado e explicita o motivo para a realização da atividade (Turra, 2007). O significado é visto, a partir da TMCE, como a mola propulsora do aprendizado, ou seja, as mudanças dos padrões cognitivos que levam à aquisição do conhecimento só podem acontecer quando quem aprende percebe o valor daquilo que lhe é ensinado.

Já o terceiro pilar, a transcendência “objetiva promover a aquisição de princípios, conceitos ou estratégias que possam ser generalizados para outras situações” (Turra, 2007, p. 303). Transcender é criar, a partir de uma situação de aprendizado, a generalização de conceitos/conhecimentos e aplicá-los em outros contextos. A transcendência estimula a curiosidade, a busca de novas relações, o desejo de saber mais, o pensamento reflexivo, proporcionando uma ampla compreensão do mundo (Souza et al., 2004), tal como ocorre com o aprendizado de conteúdos escolares pelos alunos quando estes percebem que muitos dos conhecimentos adquiridos podem ser aplicados em situações de seu cotidiano.

Para Feuerstein e Feuerstein (1994) e Feuerstein (1997), a mediação não é uma mudança externa de conduta, esta pressupõe uma mudança interna, que parte da construção de processos psicológicos eficientes (Turra, 2007). Nesta pesquisa, assim como proposto por Prebianca, Santos Júnior e Finardi (2014), acredita-se que a mediação também pode ser exercida por artefatos tecnológicos como *softwares* educacionais (ou jogos digitais), que, munidos de técnicas de inteligência artificial, são capazes de manipular e apresentar estímulos de forma intencional, significativa e que permitem a abstração e generalização de regras para uso em contextos futuros.

Como argumentado por Chappelle (1996, 2007), nos dias atuais, os aprendizes são expostos a uma vasta gama de tarefas mediadas pelo computador (por *softwares*) e sua natureza inovadora e interativa. Tal fato pode impactar diretamente no aprendizado, já que o acesso a novos estímulos é constante na interação humano-computador, aumentando o tempo de exposição, a frequência e o nível de envolvimento do usuário com o objeto do conhecimento.

Logo, ser percebido pelo usuário como uma ferramenta relevante para o aprendizado parece ter uma ligação direta com o grau de interatividade e nível de complexidade do *software*.

Em outras palavras, aspectos relacionados à interação humano-computador parecem impactar a percepção dos aprendizes/usuários a respeito do *software* assim como seu desempenho nas tarefas propostas pela ferramenta.

Uma forma de se avaliar a usabilidade de *softwares* é empregar uma análise ergonômica, baseada em princípios heurísticos, como os propostos por Nielsen e Molich (1990 *apud* Ortiz e Zuchi, 2022), amplamente empregados ao longo dos anos por desenvolvedores de *softwares* e pesquisadores no campo de estudo que trata da Interação Humano-Computador (IHC).²

Do ponto de vista pedagógico, e partindo dos princípios da TMCE e da proposição de Prebianca, Santos Júnior e Finardi (2014) em relação à mediação (apresentados anteriormente neste artigo), uma avaliação da usabilidade da interface de *softwares* parece ser indispensável para a seleção de ferramentas digitais para fins educacionais. A seguir, na seção 4, apresentamos os procedimentos metodológicos empregados neste estudo.

4 MÉTODO

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de cunho qualitativo que buscou investigar, de forma geral, as possíveis contribuições do uso de jogos digitais para o ensino-aprendizagem de Matemática. Mais especificamente, objetivou analisar as características ergonômicas e pedagógicas do jogo digital Fraciomia no que se refere ao ensino-aprendizagem de frações.

A análise de dados deste estudo foi conduzida em duas etapas. A primeira teve como objetivo analisar, de uma perspectiva heurística (Ortiz; Zuchi, 2022; Nielsen, 2024), aspectos ergonômicos de usabilidade que podem impactar na relação humano-computador e, consequentemente, no desempenho do usuário ao utilizar o *software*. Assim, optou-se, nesta análise, pela avaliação de critérios que refletem a relação da ferramenta com o mundo real, a forma de apresentação do conteúdo e de comunicação com o usuário, já que tais critérios, quando violados, podem levar à sobrecarga cognitiva do usuário, tornando a experiência de uso da ferramenta pouco intuitiva e útil. Nesta perspectiva, foram analisados 6 critérios específicos de usabilidade (adaptados de Nielsen, 2024): relação com o mundo real, consistência e padrões, reconhecimento da informação, estética e *design* minimalista, mensagens de erro e *feedback*, todos relacionados às telas, ícones e cores, comandos e mensagens fornecidas pelo jogo ao usuário (aprendiz). O Quadro 1 apresenta a descrição detalhada dos critérios analisados.

² A IHC é considerada parte de um campo de conhecimento mais amplo denominado Ergonomia de *Software* e tem como objetivo facilitar a compreensão dos sistemas computacionais considerando a adaptabilidade dos usuários ao *software*. (Barbosa e Silva, 2010).

Quadro 1- Critérios de usabilidade

Critérios analisados	Descrição
1. Relação com o mundo real	Verifica se a interface do <i>software</i> utiliza convenções do mundo real, oferecendo a informação de forma natural, por meio de linguagem familiar ao usuário.
2. Consistência e padrões	Avalia se é mantida uma coerência no projeto de códigos, ícones, telas e diálogos com o usuário.
3. Reconhecimento da informação	Avalia se a interface promove o reconhecimento da informação sem sobrecarregar cognitivamente o usuário.
4. Estética e <i>design</i> minimalista	Avalia se o desenho da interface evita a apresentação de informações desnecessárias, mantendo o foco apenas no essencial.
5. Mensagens de erro	Avalia a qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários em dificuldades
6. <i>Feedback</i>	Avalia a qualidade do <i>feedback</i> imediato às ações do usuário

Fonte: autoria própria, 2024.

A segunda etapa teve como foco a análise das características pedagógicas do jogo digital, levando-se em consideração sua relevância para o ensino-aprendizagem de operações matemáticas com números fracionários. Seguindo Prebianca, Santos Júnior e Finardi (2014), a análise foi conduzida com base na TMCE de Feuerstein. Sendo assim, decidiu-se por analisar apenas os aspectos pedagógicos do jogo que se referem a mediação do significado, da intencionalidade e da transcendência, por serem estes os pilares da TMCE, na qual se insere a relevância e aplicabilidade dos jogos digitais em contextos pedagógicos.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Reiterando, a primeira etapa da análise de dados dedicou-se à análise de critérios ergonômicos considerando a relação humano-computador. Na subseção 5.1, apresenta-se uma breve descrição da dinâmica do jogo. Em seguida, na subseção 5.2, descreve-se as telas principais do Fraciomia, para melhor compreensão das fases do jogo e, como parte da coleta de dados necessária a análise heurística de usabilidade. Já, a subseção 5.3 apresenta a segunda etapa da análise de dados com foco nos aspectos pedagógicos do *software*.

5.1 O FRACIOMIA

O jogo Fraciomia apresenta um livro de receitas de diversas poções mágicas, que devem ser preparadas pelo aprendiz por meio do manuseio de diferentes ingredientes. Esses ingredientes são representados em recipientes das categorias: flores, fungos, raízes, ervas e essências, contendo uma quantidade específica representada por números racionais em forma de frações. Para progredir no jogo, os aprendizes devem selecionar os ingredientes conforme descrito na receita. Essa seleção envolve o cálculo da quantidade de cada ingrediente que restará no seu devido recipiente, para tal devem empregar os conceitos matemáticos envolvidos na operação de subtração de frações com denominadores diferentes.

Após retirarem todos os ingredientes da receita, os alunos podem conferir se as

quantidades foram retiradas corretamente no inventário, e, se houver quantidades diferentes, podem refazer os cálculos devolvendo o ingrediente retirado. Após todos os cálculos resolvidos, os aprendizes podem criar suas poções mágicas.

O objetivo principal do jogo é a abstração dos conceitos matemáticos de adição e subtração de frações com denominadores diferentes, não apenas com a resolução repetida de exercícios e cálculos para a resolução de problemas fictícios, mas sim, por meio da construção do conhecimento de forma significativa, compreendendo todo o processo das operações realizadas e não somente o resultado dessas.

Para ser jogado, o Fraciomia deve ser instalado em computadores com sistema operacional *Windows*, já que este *software* não está disponível para Android e IOS³. Seu *download* está disponível na Plataforma Anísio Teixeira, na aba *Recursos Educacionais*, em: <http://pat.educacao.ba.gov.br/recursos-educacionais/conteudo/exibir/946>.

5. 2 ANÁLISE HEURÍSTICA DE USABILIDADE DO JOGO

5.2.1 Telas do jogo (Critério 1)

O Fraciomia foi desenvolvido com o intuito de modificar a perspectiva dos alunos em relação ao conteúdo de operações com frações, uma vez que propõe fornecer um contexto significativo e atraente para a aplicação dos conceitos abstratos relacionados a este conteúdo matemático. A seguir, apresenta-se a descrição das telas do jogo, de acordo com a sequência das fases/níveis propostos para sua finalização.

A tela inicial do jogo (Figura 1) apresenta o título e subtítulo, o aprendiz deve clicar no ícone *Início*. Na segunda tela o jogo apresenta uma mensagem de boas-vindas (Figura 2), a qual também informa que a imagem da aranha denominada Teca é um ícone para solucionar dúvidas durante o jogo. Neste ambiente também é possível explorar os livros da segunda e terceira prateleiras da estante, ao clicar nos livros o jogo apresenta um poema com o tema de frações equivalentes e a história do surgimento dos números fracionários.

Conforme apresentado na Figura 2, os alunos têm a opção de clicar nos ícones *criar uma poção* ou *fazer uma encomenda*. Essas opções são fornecidas pelo jogo, pois o aluno pode criar a sua própria poção. No entanto, indica-se clicar em *fazer uma encomenda*, facilitando a compreensão das etapas do jogo em um primeiro momento.

³ Vale lembrar que nem todas as escolas brasileiras, em especial aquelas localizadas em áreas de periferia e que atendem à população de mais baixa renda, são equipadas com computadores que podem ser utilizados pelos estudantes, como, por exemplo, um laboratório ou sala de informática. A vasta dimensão territorial brasileira, assim como a diferença na distribuição de renda entre a população, tem causado problemas de acesso às novas tecnologias (em especial, as digitais) ainda na atualidade especialmente, no contexto escolar.

Figura 1 - Tela inicial do jogo Fraciomia



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 2 - Segunda tela com mensagem de bem-vindo



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Após clicar em *Fazer uma encomenda*, é possível ver uma tela na qual o jogo informa ao aprendiz que o mago recebeu uma determinada quantidade de encomenda para uma determinada poção (Figura 3), e as instruções do que deve fazer. Para acessar a receita no *Livro de Poções*, deve-se fechar a mensagem clicando no ícone X. Na Figura 4, a receita contendo os ingredientes e os procedimentos necessários para o preparo da poção solicitada são apresentados.

Figura 3 - Tela com a mensagem da encomenda



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 4 - Tela com imagem de uma receita



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Vale destacar que os aprendizes deverão registrar em uma folha de papel os ingredientes e suas respectivas quantidades para que possam prosseguir com o preparo da poção, clicando no ícone *ir para o estoque* (Figura 4), para retirar os ingredientes necessários (Figura 5).

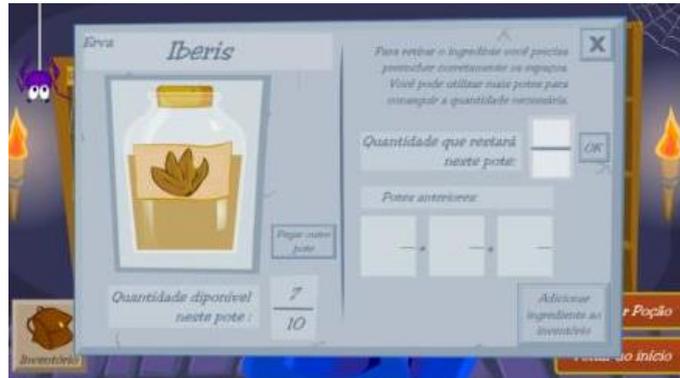
No ambiente Estoque, para identificar os ingredientes, basta posicionar o mouse sobre o ícone do recipiente e o jogo mostrará o nome deste. Todas as receitas são compostas por cinco ingredientes diferentes, um de cada categoria. Ao clicar no ingrediente o jogo informará a *quantidade disponível neste pote* e os alunos devem calcular a diferença entre a quantidade existente e a quantidade necessária para o preparo da receita, inserindo esta informação no campo *quantidade que restará neste pote* (Figura 6).

Figura 5 - Tela do ambiente do estoque



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 6 - Tela com exemplo de um ingrediente a ser retirado



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Na sequência, o usuário deve registrar a fração resultante e clicar em *OK*. Neste momento o aluno verá a quantidade disponível no recipiente diminuir e a fração com a quantidade retirada aparecerá em um frasco no campo *Potes anteriores* (Figura 7).

Caso seja necessária uma quantidade maior de ingrediente do que a disponível no pote, o aprendiz deve completá-la retirando outro pote deste mesmo ingrediente (Figura 7). Em seguida, o aluno deve adicionar o ingrediente ao *Inventário*, representado por um ícone no lado esquerdo inferior da tela. Para consultar as quantidades dos ingredientes que já foram adicionados, o aluno deve acessar o ambiente *Inventário*, lá também poderá ler a receita da poção no *Livro de Poções* (Figura 8).

Figura 7 - Tela com exemplo de uma retirada com mais de um pote



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 8 - Tela do ambiente inventário



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Caso o aluno perceba que a quantidade retirada do estoque não está correta, terá a opção de corrigir seu cálculo, devolvendo a quantidade retirada e voltando ao *Estoque* para retirar novamente o ingrediente devolvido. Após retirar todos os ingredientes, o aluno deve clicar no ícone *preparar a poção*, no ambiente do *Estoque*, seguindo para o ambiente da Figura 9.

Figura 9 - Tela do ambiente de preparo da poção



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 10 - Tela com exemplo de uma poção pronta



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Neste ambiente (Figura 9), o jogo exibirá o modo de preparo adequado da poção com a sequência em que os ingredientes devem ser colocados no caldeirão. Para tal, o aprendiz deve clicar e arrastar com o mouse o desenho do recipiente com o ingrediente, soltando-o sobre o

caldeirão. Ao concluir, deve selecionar o ícone *Pronto*, o jogo permitirá confirmar o preparo da poção ou refazê-la (Figura 10). Caso o aluno confirme a poção e esta não esteja correta, o jogo informará ao aprendiz a necessidade de verificar se os ingredientes, as quantidades e a sequência de preparo foram utilizadas corretamente (Figura 11).

Figura 11 - Tela de *feedback* do preparo errado da poção



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

Figura 12 - Tela com *feedback* do preparo correto da poção



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024

Se a poção tiver sido preparada corretamente, o jogo exibirá a mensagem “*Parabéns, você preparou corretamente a poção*” (Figura 12). Em ambos os casos, o jogo permitirá ao aprendiz optar por criar a mesma poção (Figura 11) clicando no ícone *voltar* e com essa ação retornará para tela inicial (Figura 2) ou fazer uma nova receita, nessa opção o aluno deve fechar a tela clicando no X e entrar novamente no jogo.

A descrição das principais telas do Fraciomia mostra que o jogo atende ao Critério 1 - **Relação com o mundo real**. Sua interface gráfica segue convenções socialmente aceitas, utilizando-se de conceitos e imagens claras que podem facilmente ser compreendidas na esfera do senso comum. Sua linguagem não emprega terminologia desconhecida, apesar de apresentar alguns nomes diferentes para os ingredientes necessários ao preparo das poções, como se pode observar na Figura 4, no Livro de Receitas. O uso de terminologias muito específicas pode confundir o aprendiz, tornando a navegação pelo *software* menos intuitiva.

Por outro lado, de forma geral, a interface do Fraciomia mantém-se simples ao longo das fases do jogo, fornecendo as informações necessárias para a execução das tarefas propostas por meio de comandos, palavras e orientações familiares ao seu público-alvo, apoiando-se inclusive

em estímulos visuais. Para exemplificar, pode-se observar a Figura 10, que questiona o aprendiz sobre o resultado da poção: “*Você tem certeza de que sua poção deveria ficar assim?*”. Além de uma linguagem direta, clara e simples, percebe-se na imagem o frasco de cor verde mostrando o aspecto visual final da poção. Essa imagem contribui para que não haja dúvidas de interpretação em relação à mensagem fornecida verbalmente pelo *software*.

5.2.2 Ícones, imagens e cores (Critérios 2, 3 e 4)

No Fraciomia, os ícones com os comandos do jogo estão fixados nas laterais inferiores, na esquerda ou direita, acompanhados da informação do que representam, por exemplo, *voltar ao início*, *preparar a poção*, *inventário*, entre outros. O posicionamento dos ícones que indicam possíveis ações (como opções de um Menu) aplicado pelo Fraciomia contribui para a consistência da interface, já que por experiência, os usuários estão acostumados a encontrar outros *softwares* que apresentam menus nas barras laterais da tela.

Outro elemento de consistência utilizado pelo jogo é o X, ícone que indica a ação de fechar alguma janela ou aba aberta, comando que também é bastante conhecido por usuários de computador em geral. Além disso, ao deslizar o mouse sobre algum elemento que é um ícone para outra ação, ele muda de formato (de seta para mãozinha), assim o aprendiz percebe facilmente que pode acessá-lo, como é possível se observar na Figura 1. Pode-se afirmar, com base nessa análise, que o Fraciomia apresenta, além de uma consistência interna, no uso de ícones e comandos, o uso consistente de padrões externos. Ou seja, há no jogo uma preocupação em manter a relação com o mundo real, utilizando convenções difundidas, aceitas e reconhecidas pelos usuários a partir de suas experiências com o uso de outros *softwares* e de sistemas computacionais em geral. Desta forma o Critério 2 – **Consistência e padrões** é uma das heurísticas contempladas pelo Fraciomia.

O jogo apresenta cores fortes e chamativas, porém sem poluição visual na sua apresentação. As imagens são coerentes com o tema trabalhado, fazendo com que o aluno interaja com o jogo de forma a imergir no contexto, pois o ambiente apresentado mostra imagens que podem ser relacionadas às histórias e desenhos infantis de magos, bruxas e outros sobre esta mesma temática. Em outras palavras, não há quantidades exageradas de desenhos ou ícones nas telas. Cada vez que se dá sequência ao jogo, as telas apresentam a base necessária do contexto temático e apenas ícones para as próximas ações, fazendo com que o jogador permaneça com sua atenção voltada ao propósito pedagógico e não se disperse ou tenha que se esforçar cognitivamente para compreender informações descontextualizadas do objetivo do jogo.

Os elementos e ações do Fraciomia necessários à determinadas ações ficam visíveis na interface e podem ser identificados facilmente, evitando que o aprendiz tenha que lembrar daquela informação ao avançar no jogo. Assim, o jogo promove o reconhecimento das informações ao invés de sobrecarregar a memória do usuário com tentativas de lembrar o que significam os ícones, o que poderia comprometer sua performance. O *software* analisado atende ao Critério 3 – **Reconhecimento da informação** de forma satisfatória.

Quanto ao Critério 4 – **Estética e design minimalista**, a análise das telas principais do Fraciomia, reportada na subseção 5.2.1, revelou que esta heurística é contemplada pelo jogo, já que a interface do *software* se limita a apresentar em primeiro plano apenas as informações necessárias naquela etapa/fase do jogo. Ou seja, há uma preocupação em se manter um *design* com foco naquilo que é essencial para o usuário naquele momento, evitando elementos

distratores e que podem causar uma sobrecarga cognitiva do aprendiz.

5.2.3 Mensagens de erro e *feedback* do jogo (Critérios 5 e 6)

No Fraciomia, o aprendiz conta com a ajuda da aranha Teca que está presente em quase todas as etapas do jogo, contendo instruções do que se pode fazer naquele ambiente. As mensagens apresentadas pela aranha Teca são claras quanto às ações permitidas em cada ambiente, conforme observa-se na Figura 13.

Figura 13 - Tela com exemplo de mensagem da aranha Teca



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024

Os *feedbacks* são instantâneos apenas quando comandos que não estão de acordo com a sequência ou as regras do jogo são selecionados. A Figura 14 exemplifica que foi selecionado o comando *OK* para a quantidade de ingrediente restante no recipiente sem que tenha sido informado algum valor para a fração resultante. *Feedbacks* instantâneos semelhantes aparecem se o aprendiz digitar apenas o numerador, ou denominador (ou denominador zero), ou se digitar ambos, porém com frações que representem a quantidade maior que a existente de ingrediente disponível no recipiente para retirada. Se o aprendiz tentar retirar mais de um ingrediente de uma mesma categoria, a mensagem de erro indicará que ele já retirou um ingrediente daquela categoria, mas que pode devolver e retirá-lo novamente, se assim achar conveniente. A cada ação não permitida, executada pelo aprendiz, o jogo fornece um *feedback* técnico imediato indicando que algum erro ocorreu.

Figura 14 - Tela com exemplo de uma mensagem de erro



Fonte: Jogo Fraciomia, 2024.

As mensagens de erro (Figura 14), são claras, utilizam um vocabulário simples, sem expressões complexas, são de fácil compreensão e sempre cordiais. Porém, apesar de informar o erro, algumas mensagens não orientam que ação pode ser realizada pelo aprendiz para seguir adiante no jogo. Mensagens de erro efetivas devem apresentar claramente o erro, indicar ao usuário como fazer para resolvê-lo da forma mais eficiente possível, para que o usuário aprenda ao longo do jogo quais ações são e quais não são permitidas. Assim, conclui-se que o Critério 5 – **Mensagens de erro** é parcialmente violado pelo jogo Fraciomia.

Ademais, o jogo não apresenta um *feedback* instantâneo de erro quanto aos resultados dos cálculos realizados para a seleção dos ingredientes, caso estejam incorretos. Por exemplo, se o aprendiz informar uma fração resultante em que a quantidade retirada não equivale à solicitada na receita, o jogo não irá apresentar nenhuma mensagem que revele, mesmo que indiretamente, o erro. A verificação do resultado dos cálculos (se estão ou não corretos) deverá ser realizada pelo aprendiz acessando o ambiente *Inventório*. Somente assim poderá confirmar se a quantidade ou o ingrediente está condizente com a receita.

Se o aprendiz clicar em *Preparar a poção* sem verificar as quantidades retiradas e alguma estiver errada, ele não será informado pelo jogo qual foi o erro cometido. Clicando no ícone *confirmar* terá acesso ao resultado do jogo. A mensagem fornecida poderá ser “*Parabéns*”, caso o aprendiz tenha preparado a poção corretamente (o que significa que foi capaz de realizar todos os cálculos corretamente), ou “*Você não preparou a poção corretamente. Você pode refazê-la, mas verifique se os ingredientes e quantidade estão certos e não esqueça de adicioná-los no caldeirão seguindo a ordem de preparo*”. Neste último caso, o jogo não fornece um *feedback* sobre quais erros foram cometidos, tão pouco indica ao aprendiz outras abordagens possíveis em relação a resolução das operações com números fracionários que poderiam ser utilizadas, como, por exemplo, o emprego de outros significados ligados ao conceito de frações.

O jogo Fraciomia implicitamente permite que sejam exploradas as representações gráficas das frações. Ao responder no jogo qual a quantidade que restará de ingrediente no recipiente, o volume colorido do frasco do estoque irá diminuir e aparecerá um recipiente do mesmo formato com a representação gráfica da quantidade fracionária retirada deste ingrediente em potes anteriores (Figura 7).

Após realizar os cálculos e inserir no jogo a fração resultante, se esta for menor ou igual ao total da quantidade disponível de ingrediente no recipiente, nenhum *feedback* é apresentado pelo jogo, mesmo que não seja a fração correspondente à quantidade de ingrediente solicitada na receita. O aluno somente consegue verificar que há algum erro no cálculo, ao acessar o ambiente *Inventório*, observando se retirou ou não a quantidade correta. Se a quantidade de ingredientes retirados não estiver de acordo com a solicitada na receita, só poderá revisar seu cálculo se tiver anotado. Considera-se que o processo de rever os conceitos aplicados, aprendendo por meio da correção dos erros, é parte essencial do processo de aprendizagem.

No entanto, todos estes passos não estão explícitos e podem ser um fator de complexidade para o aprendiz. Conforme Prebianca, Vieira e Finardi (2014), para proporcionar experiências de aprendizagem mediadas e promover a modificabilidade cognitiva estrutural, é necessário que o *software* forneça um *feedback* pedagógico, ou seja, é preciso que as mensagens de erro indiquem não apenas que houve um erro, mas também quais estratégias podem ser colocadas em prática para solucionar o problema e alcançar o êxito. Sugere-se, com base na análise das mensagens de erro do Fraciomia, que o sistema de *feedback* parece não contemplar aspectos didático-pedagógicos o que, possivelmente, compromete a mediação da intencionalidade e da transcendência conforme será proposto nas subseções posteriores deste artigo. Conclui-se, portanto, que o Critérios 6 – **Feedback**, não é completamente atendido pelo

jogo.

5.3 ANÁLISE DOS ASPECTOS PEDAGÓGICOS DO JOGO

A segunda etapa da análise de dados teve como foco os aspectos pedagógicos do jogo Fraciomia, tendo como base a TMCE de Feuerstein e Feuerstein (1994) e Feuerstein (1997).

5.3.1 Mediação da intencionalidade

Reiterando, o Fraciomia propõe ao aprendiz que este prepare receitas de poções mágicas como se fosse um alquimista ou aprendiz de feiticeiro (mago). Para isso, o jogo toma como base o trabalho com operações matemáticas envolvendo a subtração de frações com denominadores diferentes. Para a seleção dos ingredientes e o consequente preparo das poções, é preciso que os alunos coloquem em prática conceitos previamente estudados sobre essas operações. Ao selecionar os ingredientes o aprendiz tem a possibilidade de aplicar também os conceitos de frações equivalentes e impróprias, porém o jogo não fornece ao aluno nenhuma mensagem indicativa ou alerta em relação ao uso desse conhecimento.

Desta forma, para identificar a possibilidade de realização dos cálculos empregando os conceitos de frações impróprias e equivalentes no jogo, faz-se necessária a mediação do professor, indicando ao aluno que existem outros conceitos implícitos que, se aplicados, podem facilitar a resolução das operações necessárias para o preparo correto das poções.

A mediação do professor, neste caso, é importante para garantir o aprendizado dos diferentes significados dos números fracionários, uma vez que o jogo não revela explicitamente a existência de outras formas de resolução dos cálculos. Este fato sugere uma mediação da intencionalidade deficitária e revela uma certa fragilidade no sistema de *feedback* do jogo, corroborando os achados reportados na subseção 5.1.3 deste artigo.

Conforme apontam Prebianca, Vieira e Finardi (2014), para configurar-se como um recurso pedagógico relevante para a promoção da modificabilidade cognitiva estrutural (ou seja, do aprendizado), é necessário que o jogo forneça *feedbacks* que contemplem não apenas informações técnicas, mas também aspectos didático-pedagógicos relevantes para a internalização do conteúdo instrucional em questão. Sugere-se, portanto, em complemento a estes autores, que a combinação de instruções de caráter técnico e didático-pedagógico fornecidas pelo jogo podem ter implicações para a mediação da transcendência, outro pressuposto importante para a existência de experiências de aprendizagem mediadas (EAM), conforme proposto por Feuerstein e Feuerstein (1994) e Feuerstein (1997). Em outras palavras, se há intenções implícitas no jogo, que dependem exclusivamente da mediação do professor ou de outro par mais experiente, o aluno pode não ser capaz de abstrair, por si só, os diferentes conceitos e significados que se referem, neste caso, às operações matemáticas com números racionais em forma de fração e empregá-los corretamente em outros contextos do mundo real. Propõe-se, então, que a mediação da intencionalidade e da transcendência estão relacionadas, pelo menos em contextos digitais (de jogo).

5.3.2 Mediação do significado

O jogo apresenta um ambiente familiar aos alunos da faixa etária à qual é indicado (Ensino Fundamental séries finais, idade entre 11 e 14 anos). As narrativas ligadas ao contexto de magia, bruxas, feiticeiros e contos de fada fazem parte das leituras, filmes e séries infanto-juvenis, e o jogo, ao propor a criação de poções mágicas, explora essa temática por meio do uso de personagens, ambientes, mensagens e sequências de ações que fazem o aluno sentir-se um aprendiz de alquimia.

Um exemplo de como o jogo promove a inserção do aluno no contexto da narrativa contendo os elementos acima citados, promovendo assim a mediação do significado, é a descrição dos efeitos mágicos das poções. Para a Poção da Sorte, por exemplo, o jogo apresenta a descrição *Poção que traz sorte e cancela os efeitos da Poção Má Sorte*. Tais mensagens (descrições) são fornecidas também para as demais poções, contribuindo para reforçar ao aprendiz o senso de fantasia da temática e de pertencimento a um mundo que ‘poderia’ ser real.

A narrativa fantasiosa que dá suporte ao Fraciomia aproxima o aprendiz de um mundo que lhe possibilita realizar, agir e ser algo ou alguém que dificilmente faria ou seria no mundo real, mas que, ao mesmo tempo, lhe é factível. Este fato pode motivar o aluno a engajar-se na história e, conseqüentemente, a desafiar suas habilidades na resolução dos cálculos necessários para o preparo das poções.

Outro fato que pode contribuir para a mediação do significado no Fraciomia está relacionado ao manuseio e seleção dos ingredientes necessários para o preparo das poções. Ao acessar o ambiente *Estoque* e inserir as frações resultantes (produtos dos cálculos realizados pelo aprendiz) para obter as quantidades dos ingredientes equivalentes aos números fracionários determinados pelas receitas, o aprendiz pode observar a quantidade de cada ingrediente nos frascos como se os manipulasse no mundo real. A relação entre o número fracionário e a quantidade ou parte da unidade que ele representa de fato pode ser, muitas vezes, algo abstrato para os aprendizes. Ou seja, a diminuição da quantidade de líquido dos recipientes após a inserção do número fracionário correspondente possibilita a percepção da aplicação prática de um conceito teórico, o que permite ao aprendiz a abstração da realidade complexa por meio de uma situação não real simplificada, tornando o aprendizado concreto e mais significativo.

Além disso, a recompensa do jogo, traduzida pelo êxito em preparar a poção corretamente, desperta no aprendiz a vontade de seguir na narrativa, tentando provar que é capaz de ser um alquimista. Em suma, todos os elementos presentes na trama do jogo Fraciomia contribuem para que o estudante o compreenda como algo significativo que lhe permite testar hipóteses e superar-se, propiciando um engajamento cognitivo (Csikszentmihalyi, 1990 *apud* Weissheimer; Braga, 2016) que contribui para o aprendizado.

5.3.3 Mediação da transcendência

A mediação da transcendência implica possibilitar ao aprendiz a internalização de conhecimentos e sua aplicação em situações futuras. Um dos elementos dos jogos relevantes para a compreensão de estruturas complexas do mundo real refere-se à abstração da realidade. Esta é uma característica presente no jogo Fraciomia que tenta, de certa forma, simplificar algo complexo como conceitos e significados que subjazem as operações matemáticas com números racionais em forma de fração.

Contudo, para que a mediação da transcendência de fato ocorra, sugere-se, conforme já advogado na análise da mediação da intencionalidade, a necessidade de um sistema de *feedback* que possibilite ao aprendiz refletir sobre suas ações no jogo e testar suas hipóteses em relação à resolução das situações apresentadas. Sendo assim, acredita-se que o *feedback* se constitui em uma característica importante capaz de estimular a generalização de conceitos e significados, ou seja, a transposição destes para o mundo real. É por meio do *feedback* que o jogador pode refletir sobre seus erros e como fazer para superá-los, em busca do objetivo final do jogo.

O jogo Fraciomia, no entanto, fornece apenas *feedback* técnico, sem fornecer o suporte didático-pedagógico necessário para a compreensão e abstração dos diferentes significados envolvidos nas operações matemáticas com números fracionários. Tomemos como exemplo o uso de frações equivalentes. Na receita da Poção da Sorte, a quantidade do ingrediente fungo árbaro é representado pela fração $\frac{6}{8}$ cuja representação irredutível é $\frac{3}{4}$. Nesta receita seriam necessários $\frac{1}{5}$ deste ingrediente. Sem empregar o conceito de fração equivalente, o aprendiz precisaria realizar o seguinte cálculo: $\frac{6}{8} - \frac{1}{5} = \frac{30-8}{40} = \frac{22}{40}$. Já com a mediação (da intencionalidade, do significado e da transcendência) adequada, usando a fração irredutível, o aprendiz poderia refletir sobre outra forma de resolução deste cálculo, a saber: $\frac{3}{4} - \frac{1}{5} = \frac{15-4}{20} = \frac{11}{20}$, simplificando a operação. À luz da TMCE, tal reflexão apenas seria possível por meio de uma EAM, na qual o mediador intermediaria a aprendizagem, manipulando o estímulo (objeto do conhecimento) de acordo com as necessidades do aprendiz (intencionalidade e significado), organizando e estruturando o conteúdo de forma que este fosse relevante para o aprendiz (significado), levando-o a compreender seu uso para a situação em tela e futuras (transcendência).

O jogo também contém frações impróprias, estas quando representadas em algum ingrediente na receita, possivelmente precisará mais do que um recipiente de ingrediente no estoque para completar a quantidade solicitada na receita. Ao verificar no *Inventário*, a representação da quantidade retirada será de um frasco cheio, mais o segundo, ou no máximo um terceiro frasco, cheios ou com uma quantidade fracionária (o *software* apresenta no máximo três frascos de ingredientes).

Outro exemplo relacionado à Poção da Sorte é a representação fracionária do ingrediente raiz de kradius, representado pela fração $\frac{4}{2}$. Esta fração representa 2 inteiros $\frac{4}{2} = 4: 2 = 2$. Ao selecionar este ingrediente no estoque, o aprendiz precisará realizar os cálculos de maneira que a quantidade retirada do recipiente seja suficiente para encher 2 frascos inteiros. Novamente, o conhecimento relacionado às frações impróprias não é explicitamente abordado pelo jogo, que aposta na capacidade de análise do aprendiz para decidir a melhor estratégia de realização dos cálculos necessários para o preparo correto da poção.

A partir dos exemplos reportados acima, é possível sugerir que o jogo Fraciomia toma como base o significado de fração apenas como a representação de partes de um todo, não explorando seus outros usos (significados). Este fato dificulta a abstração completa dos conceitos que subjazem as operações matemáticas com números fracionários e sua transposição para situações concretas do mundo real. Conclui-se, então, ao contrário do proposto por Prebianca, Santos Júnior e Finardi (2014), que o critério de mediação da transcendência é atendido pelo jogo apenas parcialmente, uma vez que se faz necessária a intervenção do professor, ou de pares mais experientes, para que ocorra a propensão à modificabilidade cognitiva estrutural, por meio de uma experiência de aprendizagem mediada, nos termos da

TMCE de Feuerstein e Feuerstein (1994) e Feuerstein (1997).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reiterando, essa pesquisa objetivou investigar, de forma geral, as possíveis contribuições do jogo digital Fraciomia para o ensino-aprendizagem de frações, considerando suas características ergonômicas de usabilidade e pedagógicas (Nielsen, 2024; Prebianca; Santos Júnior; Finardi, 2014; Prebianca; Vieira; Finardi, 2014).

O jogo Fraciomia apresenta um contexto atraente aos alunos do Ensino Fundamental - séries finais, ao propor o preparo de receitas de poções mágicas (objetivo final do jogo) como se fossem aprendizes de feiticeiro. A narrativa fantasiosa do jogo insere as complexidades dos cálculos envolvendo números racionais fracionários em uma situação simplificada a fim de promover a abstração dos conceitos que subjazem tais operações matemáticas. O contexto lúdico visa proporcionar aos aprendizes a internalização dos conceitos relacionados aos números fracionários sem a necessidade de realizar uma lista de exercícios impressos, que muitas vezes, parecem desinteressantes lhes.

Os resultados da análise ergonômica mostraram que o jogo Fraciomia preocupa-se com a apresentação de uma interface atrativa e agradável ao jogador, apresenta relação com o mundo real, mantém um *design* minimalista com consistência e padrões internos e externos. Utiliza ícones e comandos de fácil compreensão e ambientes que abordam a temática do jogo adequadamente, evitando a sobrecarga cognitiva do usuário. O jogo, em geral, apresenta mensagens claras, com vocabulário apropriado à faixa etária dos jogadores. No entanto, as mensagens referem-se aos aspectos técnicos do jogo, tendo como foco as instruções necessárias para sua finalização. Ou seja, o jogo Fraciomia não apresenta *feedbacks* pedagógicos em relação aos cálculos. Quando o aluno insere, por exemplo, uma fração que representa uma quantidade diferente da quantidade de ingrediente solicitada na receita, desde que seja menor ou igual à quantidade de ingrediente disponível, não é fornecida pelo jogo nenhuma mensagem de erro ou alerta que indiquem ao aprendiz que o cálculo não está correto. Uma mensagem de erro é fornecida pelo jogo apenas se o aprendiz inserir uma fração que excede a quantidade de ingrediente disponível: “*ERRO: Fração maior que a disponível*”.

Já a análise dos aspectos pedagógicos do jogo revelou que o jogo atende parcialmente aos critérios de mediação da intencionalidade e da transcendência ao não indicar aos jogadores, de forma explícita, a possibilidade de realização dos cálculos por meio do emprego de outros conceitos relacionados aos números fracionários.

No entanto, por apresentar elementos de jogos que sustentam seu contexto, personagens, enredo e ações, compondo uma narrativa bem estruturada, o jogo pode ser um recurso tecnológico capaz de promover a motivação e o engajamento cognitivo dos aprendizes, e, consequentemente, a mediação do significado.

Sendo assim, conclui-se que o Fraciomia se constitui em uma ferramenta de auxílio relevante para a aplicação dos conceitos matemáticos relacionados às operações com números racionais em forma de frações. Vale relembrar, no entanto, que por apresentar aspectos deficitários em relação à mediação da intencionalidade e da transcendência, talvez não seja apropriado a utilização do jogo como atividade extraclasse, sem a presença de um mediador.

Acredita-se ainda que uma análise mais aprofundada e sistemática do Fraciomia, incluindo um maior número de critérios ergonômicos e pedagógicos (ver Prebianca; Santos

Júnior; Finardi, 2014), seria possível por meio do trabalho com o jogo em situações reais de sala de aula, com grupos diferentes de aprendizes, a fim de investigar mais diretamente a relação entre as características do jogo e o aprendizado.

Em suma, espera-se que a pesquisa tenha contribuído para a formação de uma base teórico-metodológica para professores e educadores, especialmente da área da Matemática que buscam incorporar a cultura digital as suas práticas pedagógicas, para que possam analisar e selecionar mais adequadamente os recursos tecnológicos digitais capazes de contribuir para a modificabilidade cognitiva estrutural dos aprendizes conhecidos como nativos digitais.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação humano-computador**. Série SBC, Campus-Elsevier, 2010.

CHAPELLE, C.A. CALL-English as a Second Language. **Annual Review of Applied Linguistics**. v.16. p. 139-157, 1996.

CHAPELLE, C.A. Technology and second language acquisition. **Annual Review of Applied Linguistics**. v.27. p. 98-114, 2007.

CYSNEIROS P. G. Novas tecnologias na sala de aula: melhoria do ensino ou inovação conservadora. **Academia.edu**. Disponível em: https://www.academia.edu/3015019/Novas_tecnologias_na_sala_de_aula_melhoria_do_ensino_ou_inova%C3%A7%C3%A3o_conservadora. Acesso em: 19 abr. 2024.

FARDO, M. L. **A gamificação como estratégia pedagógica**: estudo de elementos dos *games* aplicados em processos de ensino e aprendizagem. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

FEUERSTEIN, R. Teoria de la modificabilidad cognitiva estructural. In: **Es modificable la inteligencia?** Madrid: Bruño, 1997. p. 11-23.

FEUERSTEIN, R.; FEUERSTEIN, S. Mediated Learning Experience: a theoretical review. In: **Mediated Learning Experience (MLE): theoretical, psychosocial and learning implications**. London: Freud Publishing House Ltd., 1994. p. 3-51.

FEUERSTEIN, R.; KLEIN, P.; TANNEMBAUM, A. **Mediated Learning Experience (MLE): Theoretical, Psychosocial and Learning Implications**. London: Freud Publishing House Ltd., 1994.

FRACIOMIA. **Plataforma Anísio Teixeira**. Disponível em: <http://pat.educacao.ba.gov.br/recursos-educacionais/conteudo/exibir/946>. Acesso em: 18 abr. 2024.

GOMES, C. **Em busca de um modelo psico-educativo para a avaliação de softwares educacionais**. 2001, 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LEALDINO FILHO, P. **Jogo digital educativo para o ensino de matemática**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

LIMA, F. S.; D'ARÓZ, M. S. Experiência de aprendizagem mediada de Reuven Feuerstein: uma revisão sistemática. *Educação*. v. 32. n. 62. p. 121-143. 2023.

<https://doi.org/10.18800/educacion.202301.004>. Disponível em:

<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/educacion/article/view/26866>. Acesso em: 18 abr. 2024.

MENDES, I. A. **Matemática e investigação em sala de aula**: Tecendo redes cognitivas na aprendizagem. 2.ed. São Paulo: Livraria da Física, 2009. 215 p.

NIELSEN, J. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. **Nielsen Norman Group**. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ORTIZ, L. C.; ZUCHI, J. D. Análise heurística no contexto de user experience. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 47–55, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i1.1366. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1366>. Acesso em: 22 abr. 2024.

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital**: entendendo a primeira geração dos nativos digitais. Porto Alegre: Artmed, 2011. 352 p.

PREBIANCA, G. V. V.; CARDOSO, G. L.; FINARDI, K. Hibridizando a educação e o ensino de inglês: questões de inclusão e qualidade. **Revista do GEL**, v. 11, p. 47-70, 2014.

PREBIANCA, G. V.; SANTOS JUNIOR, V. P. DOS ; FINARDI, K. R. Analysis of an educational software for language learning: insights from the Theory of Structural Cognitive Modifiability and Human-Computer Interaction. **DELTA**. Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada (PUCSP. Impresso), v. 30, p. 95-114, 2014.

PREBIANCA, G. V. V.; VIEIRA, M. F. V.; FINARDI, K. Assessing EFL learners'perceptions on the use of an educational software for English learning: an analysis of pedagogic and ergonomic features. **Educación y Tecnología**, v. 03, p. 43-62, 2014.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Senac, 2012. 575 p.

SANTOS, W. O.; SILVA JUNIOR, C. G. **Uso de Jogos no ensino da Matemática**: uma análise entre os jogos tradicionais e os jogos digitais baseada em pesquisa e mapeamento dos materiais encontrados na Web. 2014. Disponível em: <http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario-jogos/2014/trabalhos-aprovados/>. Acesso em: 16 fev. 2018.

SCHASTAI, M.B. **Pró-letramento em matemática**: problematizando a construção do conceito de frações – uma contribuição para a formação de professores. 2012, 210 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Tecnologias), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

SOUZA, A. M. M. de; DEPRESBITERIS, L.; MACHADO, O. T. M. **A mediação como princípio educacional**: bases teóricas das abordagens de Reuven Feuerstein. São Paulo: Senac, 2004.

TURRA, N. C. Reuven Feuerstein: Experiência de aprendizagem mediada: um salto para a modificabilidade cognitiva estrutural. **Educere Et Educare**: Revista de Educação, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 297-310, jul/dez. 2007. Semestral.

WEISSHEIMER, J.; BRAGA, I. P. S. Aplicativos digitais móveis nas aulas de inglês: efeitos da gamificação na aprendizagem e na motivação dos aprendizes. **Hipertextus Revista Digital**, Pernambuco, v. 16, p. 91-109, jun. 2017.