

CONTRIBUIÇÕES DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA PARA JOGOS COM FOCO NAS DIFICULDADES DA MATEMÁTICA

MATHEUS ARAUJO CEZAROTTO¹ / ANDRÉ LUIZ BATTAIOLA²

RESUMO: Jogos educacionais são desenvolvidos para crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática, com a premissa de promover ao usuário um ambiente de aprendizagem lúdico. No desenvolvimento desses jogos, um dos desafios está no balancear dos elementos referentes ao entretenimento (diversão), com os elementos instrucionais (aprendizagem). Este artigo, pelo viés do aprendizado multimídia, busca contribuições na literatura para orientar o desenvolvimento de jogos educacionais em especial na apresentação da informação, ao considerar as necessidades cognitivas e motivacionais do aprendiz. O artigo tem objetivo exploratório, natureza básica, abordagem qualitativa e como procedimento utiliza uma revisão bibliográfica narrativa. Como resultado, apresenta-se um conjunto de apontamentos para auxiliar na configuração das informações gráficas em jogos. Ademais, com base na revisão da literatura se promove uma discussão com exemplos de jogos educacionais utilizados para as dificuldades de aprendizagem da matemática.

PALAVRAS-CHAVE: Design de jogos; Elementos gráficos; Multimídia; Matemática; Aprendizagem.

ABSTRACT: Educational games have been developed focusing on children with mathematical learning disability, in an attempt to promote for the user's a playful digital environment which allows the learning of specific contents. One of the challenges raised by the development of these games is finding a balance between the entertainment and the educational aspects. This study, adopting a multimedia learning perspective, aims to contribute with a guide for the educational games development, considering the learner's cognitive and motivational necessities. The research approach is exploratory and qualitative, based on a literature review. As a result, we present a series of reflections that can guide the configuration of graphical information on educational games. Moreover, based on the literature review, we describe a discussion with some educational games focused on mathematical learning disability.

KEYWORDS: Game Design; Graphical Elements; Multimedia; Mathematics; Learning.

¹ Doutorando em Design no PPGDesign, Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: matheus.cezarotto@gmail.com

² Professor Doutor, no departamento de Design, Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: ufpr.design.profe.albattaiola@gmail.com

1. Introdução

A popularidade dos jogos eletrônicos como uma mídia de entretenimento é largamente consolidada. Diante disso, pesquisadores visualizam o potencial de entretenimento e principalmente de engajamento ofertado pelos jogos, para ensinar e treinar conteúdos em outros contextos (Sitzmann, 2011; Prensky, 2012). Assim, os jogos são largamente aplicados em diversas áreas para atuar, além do entretenimento, com propósitos sérios como, por exemplo, treinamentos cognitivos, uso empresarial, práticas educacionais, entre outras abordagens (De Freitas e Liarokapis, 2011; Werbach e Hunter, 2012).

Assim, a neuropsicologia tem utilizado jogos eletrônicos na reabilitação de crianças com Discalculia do Desenvolvimento (DD) (Kadosh et al., 2013). A DD é um distúrbio que afeta a capacidade de aprendizagem em competências básicas da aritmética (Wilson e Dehaene, 2007; Shalev e Gross-Tsur, 2001). Este tipo de reabilitação é aplicado por psicólogos para propiciar a aprendizagem em crianças com transtornos de aprendizagem como a discalculia, que afetam o progresso típico em disciplinas escolares (Haase, Pinheiro-Chagas e Andrade, 2012).

Contudo, o contexto de jogos utilizados para aprendizagem ainda é caracterizado pela ausência de estudos que apresentem guias ou orientações científicas sobre como desenvolver jogos que facilitem a aprendizagem (Mayer e Johnson, 2010). Neste artigo se considera jogos educacionais como um sistema digital desenvolvido para o ensino ou treinamento de conteúdos específicos, tendo como base para a sua estrutura as características dos jogos de entretenimento (interatividade, desafios, regras, progresso, *feedback*) (Mayer, 2014; Kapp, 2012).

Assim, este artigo busca, pelo viés da Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia - TCAM (Mayer, 2009), contribuições para o desenvolvimento de jogos com foco em crianças com DD, uma vez que os jogos educacionais utilizam a instrução multimídia (canal auditivo somado ao

canal visual), apresentando imagens vinculadas a uma combinação de texto, animações e comunicação oral (Tobias et al., 2014).

Desta conjuntura surge a seguinte pergunta de pesquisa: como os conceitos da TCAM podem contribuir para promover a eficácia em jogos eletrônicos utilizados na reabilitação neuropsicológica de crianças com DD? O objetivo é mapear dados que possam orientar os desenvolvedores no momento da configuração das informações e elementos de jogo, o que deve derivar em jogos mais próximos das necessidades cognitivas e motivacionais do aprendiz com DD.

Em seu método, esta pesquisa se classifica como de natureza básica em uma abordagem qualitativa, com base em uma investigação teóricobibliográfica (Marconi e Lakatos, 2010). Seu problema é exploratório, ou seja, busca um aprimoramento de ideias e descobertas a respeito do problema (Gil, 2002). Como procedimento se utiliza uma revisão bibliográfica narrativa (Cook, Mulrow e Haynes, 1997).

O artigo está estruturado nas seguintes seções: seção (2) - mapeamento das necessidades cognitivas de crianças com discalculia do desenvolvimento e de dados sobre a aplicação de jogos para esse público; seção (3) - descrição dos conceitos básicos sobre os elementos de jogos educacionais; seção (4) - delineamento de como a TCAM pode contribuir para o desenvolvimento de jogos com foco na aprendizagem; seção (5) - apresentação, por meio de exemplos, de como os princípios instrucionais promovem a aprendizagem em jogos com base na configuração da informação; seção (6) - avaliação dos resultados. Por fim, seguem as considerações finais, bem como direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Crianças com Discalculia do Desenvolvimento (DD)

Os transtornos de aprendizagem (TA) são caracterizados pelo desenvolvimento inadequado de

habilidades escolares específicas como a leitura, a escrita e as habilidades matemáticas, sem relação com déficits intelectuais ou o fracasso escolar (APA, 2002). Dentre os TA e de especial interesse desse artigo, na matemática as dificuldades podem ser reflexo de um transtorno específico, denominado Discalculia do Desenvolvimento (DD) (Kaufmann e Von Aster, 2012).

Crianças com DD possuem um déficit que afeta a aprendizagem das habilidades básicas da aritmética como adição, subtração, multiplicação e divisão (OMS, 2007). Na literatura, autores argumentam como a causa da DD, uma disfunção genética específica no funcionamento cerebral, com uma estimativa de que cerca de 3 a 6% das crianças em fase escolar possuem a DD (Shalev e Gross-Tsur, 2001; Wilson e Dehaene, 2007).

O diagnóstico da DD é realizado por psicólogos que avaliam as habilidades matemáticas comprometidas com testes padronizados. Esses testes explicitam a pontuação substancialmente inferior em relação ao nível esperado para a idade, educação e inteligência da criança avaliada (APA, 2002; Haase et al., 2011). Com base no diagnóstico, são elaborados programas de reabilitação neuropsicológica em que, junto a outras atividades, são utilizados jogos eletrônicos para proporcionar a criança um ambiente de treinamento intenso, adaptável e motivador (Kadosh et al., 2013).

A construção do conteúdo informacional dos jogos para este público requer a compreensão de formas da representação numérica. Desse modo, um dos modelos largamente utilizados é o código triplo (Dehaene e Cohen 1995). Esse modelo define que o processamento numérico e as operações aritméticas são realizadas se tomando por base três representações mentais. Para o desenvolvimento e a aprendizagem do conhecimento matemático as três representações numéricas necessitam se relacionar (Dehaene, 2001) (figura 1). As representações são descritas a seguir:

- § *Representação analógica* associada ao senso numérico e a representação de quantidade dos números, por exemplo, “■■■”.
- § *Representação de numerais verbais* (orais e ou escritos), por exemplo, três.
- § *Representação de numerais arábicos* (visuais), por exemplo, 3.



Figura 1. Modelo do Código Triplo (Fonte: os autores com base em Dehaene e Cohen 1995; Kaufmann e Von Aster, 2012).

Vários pesquisadores (e.g. Dehaene, 2001; Dehaene e Cohen; 2007; Kaufmann e Von Aster, 2012) argumentam que crianças com DD apresentam dificuldades na aprendizagem da aritmética em razão de um déficit no senso numérico (representação analógica). O senso numérico é definido como uma capacidade inata de reconhecer, comparar, estimar, somar e subtrair quantidades sem a necessidade do recurso da contagem.

Para Wilson et al. (2006), tendo como base as dificuldades de crianças com DD no senso numérico e o objetivo de produzir jogos destinados a este público, é recomendável *solidificar as relações entre as representações do número*. Para isso, recomenda-se o uso da associação repetida, que simultaneamente apresenta para o usuário as três formas da representação numérica. Ademais, para esses autores é necessário *maximizar a motivação*, isto é, nas intervenções não se pode ignorar o papel da motivação, para o êxito da reabilitação de crianças com DD.

Logo, nota-se que em jogos utilizados enquanto intervenções para a discalculia não é o suficiente apenas elaborar instruções com base no processamento numérico, é necessário também adequar os elementos de entretenimento de jogo para viabilizar a construção de um ambiente de aprendizagem motivador. Neste contexto, a próxima seção descreve os elementos de jogo e suas capacidades, enquanto uma ferramenta multimídia de aprendizagem.

3. Jogos eletrônicos educacionais

Para Tobias et al. (2014) os jogos eletrônicos são caracterizados como um ambiente multimídia, por utilizarem uma multimodalidade para transmitir informações e instruções ao jogador. Note-se que a definição do termo “jogo” é variável com base na perspectiva analisada, porém é possível delinear um grupo de características para serem observadas como atributos que definem os jogos eletrônicos. Esses atributos são descritos a seguir (quadro 1), com base em Mayer e Johnson (2010) e relacionados com os estudos sobre elementos de jogos realizados por Järvinen (2008) e Werbach e Hunter (2012).

Cabe ressaltar que o êxito no desenvolvimento de jogos tem como premissa a forma como os seus elementos são configurados para promover experiências ao jogador (Kapp, 2012). Esse desenvolvimento recebe novas necessidades no contexto de jogos para aprendizagem, pois além dos elementos de entretenimento, é preciso

considerar também os elementos instrucionais, os quais se atêm a aprendizagem.

Quadro 1. Características e elementos de jogo (fonte: os autores)

Característica Mayer e Johnson (2010)	Elementos de jogo Järvinen (2008), Werbach e Hunter (2012)*
Baseado em regras: os eventos ocorrem em de um sistema ocasional, com base em um conjunto de regras.	Regras (o que é permitido realizar ou não durante o jogo)
Interativo: um ambiente que permite o jogador interagir e receber respostas imediatas para as suas ações.	Componentes (jogador pode interagir/mover) Personagens; Visuais; Peças Interface gráfica (informação) Menus; elementos gráficos informativos
Desafiador: um ambiente que promove oportunidades de sucesso, em tarefas com um nível de dificuldade condizente com as habilidades do jogador (intermediário).	Mecânicas do jogo (ações durante o jogo)
Promove o progresso: o ambiente como reflexo das ações próprias do jogador, permitindo mensurações de progresso por meio dos objetivos e das tarefas realizadas.	Elementos gráficos (interface) Pontos; Quadro de desempenho Insignias; Coleção de recursos Avatares; Progresso
Motivador: um ambiente interessante, ativo e divertido para o jogador.	Tema (narrativa) Narrativa simples (ambientação) Narrativa com personagens e história Uso de metáfora ou analogia Ambiente Tabuleiro virtual; mundo virtual Níveis de jogabilidade Como os elementos descritos anteriormente são configurados

Ao conhecer os elementos que definem os jogos, evidencia-se que esse tipo de mídia está fundamentado na estética de um espaço de experiências (Järvinen, 2008). Essa experiência do jogador pressupõe a interação com outros jogadores e/ou com os próprios elementos de jogo (Mattar, 2010). Esta experiência proporcionada pelos jogos resulta em uma série de vantagens para a prática educacional, porém também acarreta desafios na fase de concepção desses jogos.

Diante disso, um dos fatores-chave no desenvolvimento de jogos educacionais está na realização de um balanceamento adequado entre os aspectos de entretenimento, que caracterizam a diversão nos jogos, com os aspectos instrucionais relacionados à aprendizagem de um conteúdo específico (Mayer e Johnson, 2010). Considerando isso, a seção seguinte aborda como o design de jogos educacionais pode receber contribuições da TCAM (Mayer, 2009), em particular para esse balanceamento.

4. Aprendizagem multimídia em jogos educacionais

O conceito da aprendizagem multimídia é definido por Mayer (2009, p.5) como “a aprendiza-

gem usando palavras e imagens”, isto é, o uso da multimodalidade para representar a informação com foco na aprendizagem. Com base em evidências consistentes, a Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia (TCAM) tem como premissa que as pessoas aprendem melhor mediante o uso de palavras e imagens juntas, em contraste ao uso isolado de palavras (Mayer, 2009; Clark e Mayer, 2011). Segundo Mayer (2009), o uso de palavras refere-se ao uso da representação verbal (e.g. texto, narração). Quanto ao uso de imagens, o autor refere-se ao uso da representação visual pictórica (não-verbal) (e.g. imagens estáticas como, ilustrações, gráficos, fotos, ou imagens dinâmicas como, animações e vídeos).

O avanço tecnológico propiciou o surgimento de uma série de ferramentas instrucionais que se utilizam da aprendizagem multimídia, desde jogos educacionais, aplicativos em dispositivos móveis, animações instrucionais, entre outras ferramentas (Clark e Lions, 2011). Neste cenário, duas abordagens podem gerenciar o desenvolvimento da instrução multimídia. A primeira é centrada na tecnologia, por isso o foco está na possibilidade de aplicar os avanços tecnológicos em contextos de aprendizagem. Em contraste, a abordagem centrada no aprendiz tem seu foco na natureza do sistema cognitivo humano (Mayer, 2009). Em virtude do escopo deste estudo, foi adotada a abordagem centrada no aprendiz.

Em uma abordagem centrada no aprendiz a TCAM tem como base três fundamentos cognitivos que orientam a construção da instrução multimídia (Mayer, 2009):

§ *Duplo canal para receber e processar informações*: com base na Teoria do Código Duplo proposta por Paivio (2006), define-se a existência de dois subsistemas cognitivos utilizados durante a aprendizagem: o sistema verbal especializado em processar a linguagem verbal (*logogens*); e o sistema não-verbal (*imagens*), especializado em processar informações não linguísticas, como imagens mentais.

§ *Capacidade limitada dos canais informacionais*: descreve que o aprendiz possui uma capacidade limitada em um determinado período de tempo para processar informações em cada canal representacional (Sweller 1994; Baddeley, 2012).

§ *Processamento ativo*: ocorre quando o aprendiz está engajado no seu processamento cognitivo. Isso inclui a atenção para a informação relevante, a organização da informação em representações mentais coerentes e a integração mental da nova informação com os conhecimentos prévios (Mayer, 2009). Para Wittrock (1989), o elemento motivação também exerce um papel significativo para esse processamento.

Em síntese, pela perspectiva da TCAM (Mayer, 2009), argumenta-se que para promover a aprendizagem é necessário conduzir o aprendiz em um processamento cognitivo adequado (e.g. processamento ativo), transmitir o conteúdo instrucional com base em texto e imagens (e.g. canal duplo) e considerar que o processamento cognitivo do aprendiz apresenta uma capacidade limitada para processar informações.

Considerando isso, no desenvolvimento de jogos educacionais, a TCAM (Mayer, 2009) pode ser utilizada como um guia na elaboração do balanceamento entre os elementos de entretenimento e os de instrução do jogo, tomando-se por base os três tipos de processamento cognitivo do aprendiz definidos pela teoria (figura 2), os quais são descritos a seguir com base em Mayer (2014) e Mayer e Johnson (2010):

§ *Processamento alheio*: Caracteriza-se como o processamento que não está relacionado aos objetivos de aprendizagem. Os elementos de entretenimento podem ocupar esse processamento distraindo o aprendiz do conteúdo instrucional (e.g. efeitos gráficos, realismo intenso).

§ *Processamento essencial*: Caracteriza-se como o processamento da informação central necessária para alcançar os objetivos de aprendizagem,

isto é, o conteúdo em si (e.g. conceitos matemáticos, problemas aritméticos de adição)

- § *Processamento generativo*: Caracteriza-se como o processamento cognitivo mais profundo, isto é, utilizado pelo aprendiz para estabelecer sentido ao material. Isso inclui, a organização mental das informações recebidas em uma estrutura coerente e o ato de relacionar a nova informação com o conhecimento prévio. Esse processamento depende da motivação do aprendiz (e.g. elementos de motivação dos jogos, pontos, efeitos sonoros, quadro de desempenho, *feedback* positivo).

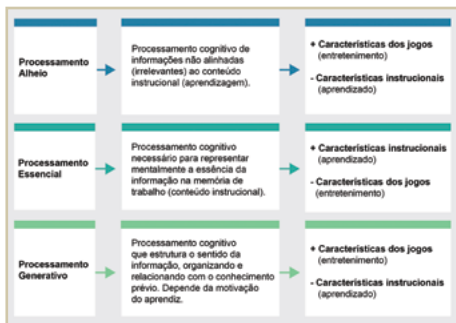


Figura 2. Tipos de processamento cognitivo (Fonte: os autores com base em Mayer, 2014; Mayer e Johnson, 2010).

Nota-se, na figura 2, que os elementos que promovem o entretenimento no jogo podem distrair o aprendiz do conteúdo instrucional, por atuarem no processamento alheio. Em adição, argumenta-se que durante a aprendizagem, o aprendiz necessita utilizar o processamento generativo, recebido por elementos instrucionais (processamento essencial), na organização e na estruturação mental do conteúdo. Para que isso ocorra, é necessário que haja a motivação do aprendiz em estabelecer sentido as informações recebidas (processamento generativo), sendo que esta motivação está ligada aos elementos de entretenimento do jogo (Fiorella & Mayer, 2012).

Assim sendo, na próxima seção são selecionados com base no escopo do artigo princípios

instrucionais mapeados por Mayer (2014), os quais objetivam auxiliar na eficácia de jogos educacionais. Para cada princípio, buscou-se um exemplo de jogo educacional utilizado como intervenção para crianças com DD, o objetivo não é gerar uma análise dos jogos, mas realizar inferências e observações exploratórias com base na literatura.

5. Princípios instrucionais para jogos educacionais

5.1. Princípio da modalidade

As pessoas aprendem melhor em jogos quando o texto é narrado em vez de apresentado na tela. Segundo Mayer (2014), este princípio propõe que o canal visual do aprendiz pode ficar sobrecarregado em jogos que incluem texto em tela. Desta forma, quando a informação é apresentada em narração, permite-se aliviar o processamento visual do jogador por utilizar o canal verbal auditivo. O princípio da modalidade atua como uma maneira de gerenciar o processamento essencial (Mayer, 2009).

Por exemplo, o jogo *Jacaré* (figura 3) apresenta uso expressivo de informação verbal no formato de texto, logo, este jogo não condiz com o princípio da modalidade e pode sobrecarregar o processamento cognitivo do aprendiz. Quanto à representação numérica, o jogo utiliza apenas a representação arábica (Dehaene e Cohen, 1995), porém poderia auxiliar a criança com DD ao utilizar em conjunto a representação verbal oral (Wilson et al., 2006).



Figura 3. Jogo Jacaré (fonte: De Castro et al., 2014)

5.2 Princípio da personalização

As pessoas aprendem melhor em jogos quando a narração está em estilo informal (conversa), do que em estilo formal. De acordo com Mayer (2014), este princípio define que os aprendizes são motivados e se esforçam mais nas atividades de jogo quando sentem que o sistema/computador é um parceiro, em vez de uma máquina. O princípio da personalização atua como uma forma de aumentar o processamento generativo (Mayer, 2009). Como exemplo, jogos que propiciam comentários como *feedback* e para isso utilizam o nome do jogador ou ainda se referem a ele em primeira pessoa.

No jogo *Meister Cody*, ao iniciar as tarefas, o jogador é solicitado a informar seu nome (figura 4). O objetivo do sistema é se referir ao jogador pelo seu nome, estabelecendo uma proximidade e informalidade que refletem na motivação do aprendiz ao longo das atividades de jogo.

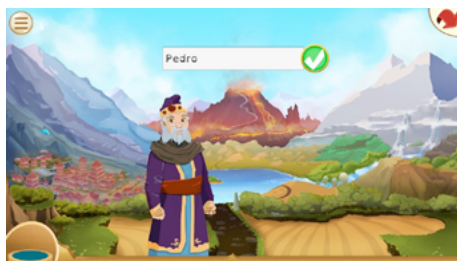


Figura 4. Jogo *Meister Cody* (fonte: jogo online)

5.3 Princípio do pré-treino

As pessoas aprendem melhor quando recebem um pré-treino sobre o funcionamento do sistema antes do jogo iniciar. Segundo Mayer (2014), o sistema cognitivo do aprendiz pode ficar sobrecarregado com a necessidade de se familiarizar com os elementos de jogo, limitando, assim, a capacidade do aprendiz em compreender o conteúdo instrucional. O pré-treino auxilia o jogador a compreender suas ações antes do início das atividades de jogo. Esse princípio atua no gerenciamento do processamento essencial (Mayer, 2009).

O jogo *Number Catcher*, por exemplo, utiliza como forma de pré-treino, uma animação acompanhada de narração (figura 5). Note-se que, na animação o cenário é eliminado durante a explicação, o que pode auxiliar a reduzir o processamento alheio e estimular o processamento essencial durante o treinamento.

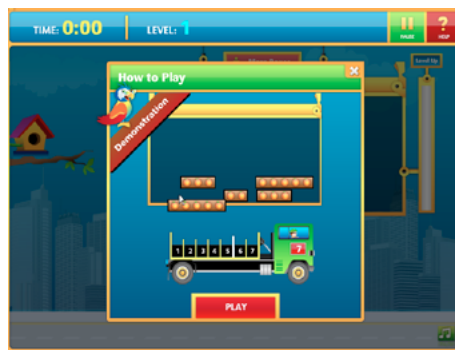


Figura 5. Jogo *Number Catcher* (fonte: jogo online)

5.4 Princípio do treinamento

As pessoas aprendem melhor em jogos quando recebem conselhos ou explicações durante o jogo. De acordo com Mayer (2014), os aprendizes se concentram melhor no conteúdo instrucional quando recebem mensagens, conselhos ou explicações apropriadas ao contexto do jogo. Essa orientação, auxilia o aprendiz no uso do proces-

samento essencial e na redução do processamento alheio durante a atividade.

O jogo *Raindrops*, por exemplo, tem como objetivo solucionar expressões aritméticas no menor tempo possível com o auxílio de uma calculadora digital localizada na lateral da interface (figura 6). Assim, caso o jogador não utilize o teclado e tente utilizar o cursor do computador, o que tornaria o desempenho mais lento, o sistema de jogo aconselha o jogador a utilizar o teclado, informando que dessa forma ele será mais ágil. Este jogo utiliza apenas a representação arábica (visual) e, segundo os estudos de Wilson et al., (2006) a atividade poderia se beneficiar do uso da representação verbal oral, de modo a narrar para o jogador as expressões aritméticas.

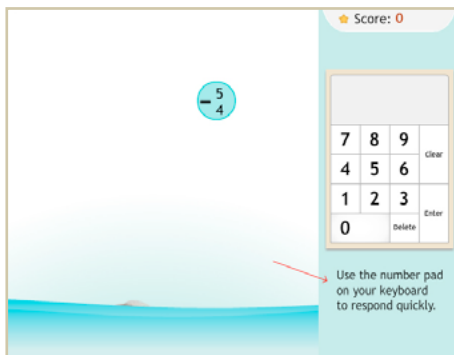
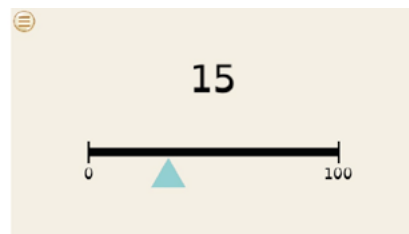


Figura 6. Jogo *Raindrops* (fonte: jogo online)

5.5. Princípio da imersão

As pessoas não aprendem melhor quando o jogo é renderizado de forma realista, estilo realidade virtual 3D em vez de 2D. Segundo Mayer (2014), ao criar um ambiente realista (e.g. 3D) no jogo, isso pode adicionar carga no processamento alheio, o que acaba sobrecarregando a capacidade de processamento do aprendiz. O princípio da imersão representa um exemplo da necessidade de reduzir o processamento alheio (Mayer, 2009). Os autores argumentam que não é só fato do jogo ser em 3D que prejudica o aprendizado por sobrecarregar o processamento do aprendiz. Por exemplo, nos dois jogos sobre linha numérica (fi-

gura 7a; 7b), ambos apresentam a mesma atividade e objetivo, treinar o senso numérico e o valor aproximado. No jogo 1 (figura 7a) é apresentado apenas o conteúdo instrucional sem elementos de entretenimento, em contraste no jogo 2 (figura 7b) são apresentados cenários, instrutores, narrativa, entre outros elementos gráficos que se caracterizam como de entretenimento. Ao considerar o papel do processamento cognitivo do aprendiz (Mayer, 2009), supõem-se que ambos os jogos não atenderiam o processamento adequado, um por apenas promover o processamento essencial (instrucional) e não promover a motivação, e o outro por estimular excessivamente o processamento alheio (entretenimento).



(a)



(b)

Figura 7. Jogo *Meister Cody* (fonte: jogo online)

5.6 Princípio da redundância

As pessoas não aprendem melhor quando o jogo contém narração junto a texto na tela, em vez de apenas narração. De acordo com Mayer (2014), o uso da narração junto ao texto em tela pode criar uma sobrecarga no processamento cognitivo do aprendiz em razão do aprendiz gastar a sua capacidade limitada de processamento tentando absorver a informação ofertada nas

duas formas verbais. Além disso, o uso de texto em tela compete com a capacidade limitada de processamento do canal visual. O princípio da redundância é um exemplo de como reduzir o processamento alheio (Mayer, 2009).

Entretanto, ao considerar as limitações cognitivas de crianças com DD, em particular sobre a necessidade de solidificar as três representações numéricas (Wilson et al., 2006), a redundância é um fator positivo. Neste contexto, o jogo *Number Catcher* (figura 8), por exemplo, utiliza as três representações numéricas simultaneamente, a criança visualiza a forma arábica (e.g. $10+3=13$), escuta uma narração (dez mais três é igual a treze) e visualiza também a representação analógica (e.g. representada por treze peixes). Logo, pelo viés do princípio da redundância (Mayer, 2014), essa associação repetida de representações pode ocasionar uma sobrecarga cognitiva. Além disso, na interface do jogo outros elementos disputam a limitada capacidade de processamento do aprendiz.



Figura 8. Jogo *Number Catcher* (fonte: jogo online)

6. Discussão

Considerando os estudos teóricos e os exemplos apresentados anteriormente é possível realizar apontamentos sobre a estruturação dos elementos de jogos educacionais, com foco em crianças com DD (figura 9).

O princípio da *modalidade* argumenta sobre a necessidade de ofertar para o jogador informações sobre o funcionamento do jogo, isto é, quais são as regras, quais mecânicas o jogador pode realizar, bem como qual é o objetivo da atividade. O uso de narração, pelo viés do princípio da modalidade, apresenta-se como mais eficaz para transmitir essas informações do que o uso de texto em tela (Mayer, 2014). Além disso, as orientações sobre o funcionamento de jogo podem ser interpretadas como um *pré-treinamento*, o que permite que animações e tutoriais estáticos que utilizem narração atuem como um recurso de promoção de orientação e motivação para a atividade.

Para estimular o processamento generativo, o princípio da *personalização* pode ser utilizado. Desse modo, é importante propiciar um ambiente lúdico onde o jogador sinta-se parte dele, para tanto, recomenda-se o uso de uma comunicação informal e pessoal (Mayer, 2014). Para viabilizar essa comunicação, podem ser utilizados avatares para dialogar com o usuário e até mesmo para fornecer dicas e *feedback* durante as atividades de jogo como um *treinamento*. Ademais, uma outra alternativa de personalização é permitir que o jogador faça escolhas durante o jogo.

Quanto ao princípio da *imersão*, os autores acreditam que é preciso encontrar um meio termo entre jogos extremamente elaborados graficamente (diversos elementos de entretenimento) e jogos meramente instrucionais (apenas as atividades educacionais). Porém, ainda são necessários estudos para definir quais os elementos de jogo (entretenimento) são fundamentais para promover a motivação durante a aprendizagem, e por outro lado, quais elementos de jogo podem ser suprimidos sem afetar a motivação.

O princípio da *redundância* argumenta sobre a necessidade de evitar informações com diferentes formas representacionais simultâneas (Mayer, 2014). De acordo com esse princípio, a redundância prejudica o processamento cognitivo do usuário. No entanto, como supracitado, as crianças com DD necessitam de uma associa-

ção repetida na representação numérica para solidificar seu déficit no senso numérico (Wilson et al., 2006). Diante do mencionado, acredita-se que uma alternativa seja reduzir os elementos gráficos da interface, pois o aprendiz já estará processando um alto nível de informação quando o jogo utilizar mais de uma representação numérica.

Note-se que, como os apontamentos citados neste artigo apresentam um caráter exploratório, são necessários estudos futuros com o usuário da pesquisa, crianças com DD, para analisar efetivamente cada um dos princípios e apontamentos discutidos. Os aspectos discutidos nessa seção são sumarizados na figura 9.

Princípios para jogos (Mayer, 2014)	Processamento cognitivo (Mayer, 2009)	Apontamentos exploratórios
Modalidade	Essencial + características instrucionais - características dos jogos	O uso de narração para apresentação das informações instrucionais de jogos, ao invés de texto em tela (e.g. regras, como jogar)
Personalização	Generativo + características dos jogos - características instrucionais	O uso de elementos ou ações para criar uma relação menos informal e mais pessoal com o jogador. (e.g. referir-se ao jogador em primeira pessoa ou pelo nome)
Pré-treinamento	Essencial + características instrucionais - características dos jogos	O uso de tutorias animados ou estáticos, com orientações sobre o funcionamento do sistema de jogo antes do início das atividades.
Treinamento	Essencial + características instrucionais - características dos jogos	Fornecer dicas e <i>feedback</i> durante o jogo, de modo a aprimorar a performance do jogador.
Imersão	Generativo + características dos jogos - características instrucionais	Utilizar de elementos gráficos para a construção de um ambiente lúdico. Porém, evitar o uso em excesso.
Redundância	Essencial + características instrucionais - características dos jogos	Evitar o uso de texto e narração simultaneamente, quando não relacionado ao conteúdo matemático (e.g. instrução sobre as regras).

Figura 9. Sumarização e apontamentos (Fonte: os autores)

7. Considerações finais

Diante dos aspectos discutidos neste artigo, é possível afirmar que os jogos eletrônicos educacionais são um ambiente multimídia caracterizado pela possibilidade de interação e experiência que oferecem durante a aprendizagem (Tobias et al., 2014). Demonstrou-se também que o design de jogos educacionais pelo viés da TCAM (Mayer, 2009) pode resultar em informações significativas para o desenvolvimento de jogos mais eficazes, enquanto ferramentas de aprendizagem motivadoras.

Como resultado, o artigo mapeou de modo exploratório um conjunto de características e apontamentos que podem auxiliar os designers de jogos na construção das informações de jogos educacionais. Esta construção não é uma tarefa simples e sua dificuldade reside no balanceamento adequado entre os elementos de entretenimento e os elementos instrucionais. Note-se que não existem fórmulas ou receitas de sucesso, ademais, o balancear dos elementos não representa uma medida exata e proporcional, pelo contrário, esse balancear é variável em razão de diversos fatores, como o contexto de aplicação, o conteúdo a ser ensinado e o público-alvo do jogo.

Assim, as crianças com DD que expressivamente estão utilizando jogos educacionais apresentam um conjunto de necessidades e preferências a serem consideradas no projeto de jogo. Isso posto, argumenta-se a necessidade de um planejamento maior e multidisciplinar ao desenvolver jogos educacionais para esse público, de modo a considerar diferentes perspectivas de profissionais, tais como, do design da informação, do design de jogos, da educação e da psicologia.

Como contribuições, os princípios instrucionais discutidos demonstram-se promissores para o design de jogos educacionais. Todavia, em razão da abordagem exploratória do artigo questionamentos permanecem em aberto, direcionando os pesquisadores para estudos futuros:

- É possível classificar os elementos de entretenimento dos jogos em categorias? Por exemplo, essenciais (não podem faltar) e elementos triviais (podem ser suprimidos)?
- Como os princípios instrucionais discutidos no artigo, podem ser alocados no processo de design de jogos educacionais para crianças com DD?

Por fim, ao considerar o processamento cognitivo do aprendiz no projeto de game design, argumenta-se uma maior solidez e formalização nas escolhas dos desenvolvedores na concepção de jogos educacionais. Acredita-se que o embasamento teórico atua de modo complementar a experiência do profissional e com isso possa permitir a criação de jogos mais próximos das necessidades cognitivas e motivacionais do usuário.

Agradecimento

Ao programa de bolsas CAPES.

Ludologia

Number catcher. [jogo online]. Disponível em <<http://www.thenumbercatcher.com/nc/home.php>> [Acesso em 09/05/2016].

Meister Cody. [jogo online]. Disponível em <<https://www.meistercody.com/en/>> [Acesso em 09/05/2016].

Raindrops. [jogo online]. Disponível em <https://www.lumosity.com/admin_assets/1171/original/raindrops_game.swf> [Acesso em 09/05/2016].

Referências

APA, American Psychiatric Association (2002). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos*

- mentais, texto revisado (DSM-IV-TR). Porto Alegre: Artmed.
- BADDELEY, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. In: *Annual review of psychology*, 63, pp.1-29.
- CLARK, R. C.; LYONS, C. (2011). *Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials*. 2nd ed. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- COOK, D. J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R.B. (1997). Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. In: *Annals of Internal Medicine*, v.126, pp.376-380.
- DE FREITAS, S.; LIAROKAPIS, F. (2011). Serious games: a new paradigm for education ?. In: M. Ma, A. Oikonomou, and L. C. Jain, eds. *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer London, pp. 9-23,
- DE CASTRO, M. V.; BISSACO, M. A. S.; PANCCIONI, B. M.; RODRIGUES, S. C. M.; DOMINGUES, A. M. (2014). Effect of a virtual environment on the development of mathematical skills in children with dyscalculia. In: *PLoS one* 9(7), pp. 1-16.
- DEHAENE, S. (2001). Précis of the number sense. In: *Mind & language*, 16(1), pp. 16-36.
- DEHAENE, S.; COHEN, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. In: *Mathematical cognition*, 1(1), pp. 83-120.
- FIORELLA, L.; MAYER, R. E. (2012). Paper-based aids for learning with a computer-based game. In: *Journal of Educational Psychology*, 104(4), pp. 1074-1082.
- GIL, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4a ed. São Paulo: Atlas.
- HAASE, V. G.; MOURA, R. J.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; Wood, G. (2011). Discalculia e dislexia: semelhança epidemiológica e diversidade de mecanismos neurocognitivos. In: *Dislexia: novos temas, novas perspectivas*, pp. 257-282.
- HAASE, V. G.; PINHEIRO-CHAGAS, P.; ANDRADE, P. M. O. (2012). Reabilitação cognitiva e comportamental. In A. L. Teixeira & A. Kummer, Orgs. *Neuropsiquiatria clinica*. Rio de Janeiro, RJ: Rubio, pp. 115-123.
- JÄRVINEN, A. (2008). *Games without frontiers: Theories and methods for game studies and design*. Tampere, Finland: Tampere University Press
- KADOSH, R. C.; DOWKER, A.; HEINE, A.; KAUFMANN, L.; KUCIAN, K. (2013). Interventions for improving numerical abilities: present and future. In: *Trends in neuroscience and education*, 2(2), pp. 85-93.
- KAPP, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: CA: Pfeiffer.
- KAUFMANN, L.; VON ASTER, M. (2012). The diagnosis and management of dyscalculia. In: *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(45), pp. 767-778.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. (2010). *Fundamentos de metodologia científica*. 7a ed. São Paulo: Atlas.
- MATTAR, J. (2010). *Games em educação: como os nativos digitais aprendem*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- MAYER, R. E. (2009). *Multimedia learning*. 2nd ed.: New York, NY: Cambridge University press.
- MAYER, R. E. (2014). *Computer games for learning: An evidence-based approach*. London, England: MIT Press.
- MAYER, R. E.; JOHNSON, C. I. (2010). Adding instructional features that promote learning in a game-like environment. In: *Journal of Educational Computing Research*, 42(3), pp. 241-265.
- OMS, Organização Mundial da Saúde. (2007). Transtornos mentais e comportamentais. In: *Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à saúde*. 10a. ed. Rev. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- PAIVIO, A. (2006). Dual coding theory and education. In S. Neuman (ed.) *Pathways to Literacy Achievement for High Poverty Children*. The University of Michigan School of Education, pp. 1-19.
- PRENSKY, M. (2012). *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. São Paulo: Senac.
- SHALEV, R. S.; GROSS-TSUR, V. (2001). Developmental dyscalculia. In: *Pediatric neurology*, 24(5), pp. 337-342.
- SITZMANN, T. (2011). A meta analytic examination of the instructional effectiveness of computer based simulation games. In: *Personnel psychology*, 64(2), pp. 489-528.

- SWELLER, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. In: *Learning and instruction*, 4(4), pp. 295-312.
- TOBIAS, S.; FLETCHER, J. D.; BEDIUO, B.; WIND, A. P.; CHEN, F. (2014). Multimedia learning from computer games. In R. E. Mayer, Ed. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 2nd ed., New York, NY: Cambridge University Press, pp. 762-784.
- WERBACH, K.; HUNTER, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Philadelphia: Wharton Digital Press.
- WILSON, A. J.; DEHAENE, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In: *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development*, 2, pp. 212-237.
- WILSON, A. J.; REVKIN, S. K.; COHEN, D.; COHEN, L.; DEHAENE, S. (2006). An open trial assessment of "The Number Race", an adaptive computer game for remediation of dyscalculia In: *Behavioral and brain functions*, 2(1), pp. 1-16.
- WITTROCK, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. In: *Educational Psychologist*, 24(4), pp. 345-376.