

## **A EXPRESSÃO GRÁFICA EM JOGOS EDUCACIONAIS: EXPERIÊNCIAS DO PROJETO *MATH SNACKS***

### ***GRAPHIC EXPRESSION IN EDUCATIONAL GAMES: EXPERIENCES FROM THE MATH SNACKS PROJECT***

**Matheus Cezarotto<sup>1</sup>**

#### **1. Introdução**

Jogos digitais educacionais eficazes fomentam experiências educacionais interativas para as mais variadas audiências e conteúdos. O foco desses jogos está em promover a aprendizagem de conteúdos específicos tendo informações instrucionais e educacionais como parte do seu desenvolvimento e experiência de uso.

A interação entre o aprendiz e sistema de jogo ocorre em um ciclo contínuo até o término do jogo, e necessariamente depende da interface virtual (elementos gráficos) e da interface física (periféricos físicos). O aprendiz: (1) recebe um estímulo informacional do sistema de jogo por meio dos canais de linguagem, (2) determina uma resposta ao processar cognitivamente a informação, (3) realiza uma ação utilizando a interface de jogo para comunicar ao sistema a sua resposta (YUAN, FOLMER & HARRIS, 2011).

A expressão gráfica faz parte da interface virtual de jogo, possibilitando a interação entre o aprendiz e o sistema de jogo. A interface gráfica permite a navegação, instrução e comunicação interativa do aprendiz no sistema de jogo. Além disso, organiza o conteúdo educacional, que contempla a proposta pedagógica e os objetivos educacionais do jogo.

Neste ensaio, por meio de uma discussão teórica, destaco as potencialidades instrucionais da expressão gráfica nos jogos digitais educacionais. Para tanto, descrevo experiências da configuração gráfica instrucional utilizada em jogos do projeto Math Snacks, desenvolvidos no Learning Games Lab (New Mexico State University), onde atuo como pesquisador e designer instrucional.

#### **2. A Expressão Gráfica na Interface de Jogos Educacionais**

A expressão gráfica utiliza de diferentes elementos de comunicação (e.g., desenhos, imagens, protótipos, recursos computacionais), para solucionar problemas em diferentes áreas do conhecimento como, por exemplo, no design, arquitetura e urbanismo, artes, matemática, moda e engenharias (GÓES, 2013).

Este ensaio tem seu foco na expressão gráfica utilizada pela área do design de jogos,

---

<sup>1</sup> Pesquisador de Pós-doutorado, *New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, USA*  
matheus@nmsu.edu; orcid.org/0000-0001-6657-753X

mais especificamente na interface gráfica de jogos digitais educacionais. Os jogos digitais educacionais fomentam experiências de aprendizagem significativas, buscando uma transformação no jogador (e.g., comportamental, emocional, habilidades) (CHAMBERLIN e SCHELL, 2018). A maioria dos jogos educacionais usa de um duplo canal comunicacional para transmitir informações e instruir os jogadores, incluindo imagens gráficas, textos, efeitos sonoros, comunicação oral e estímulos táteis (TOBIAS et al., 2014).

Assim como nos jogos para entretenimento, os jogos educacionais são constituídos por dois tipos de interface: física e virtual. A interface física representa os periféricos físicos com que o jogador manipula os elementos de jogo (e.g., controle, teclado, mouse). Já a interface virtual é uma camada conceitual que existe entre as entradas/saídas físicas e o mundo de jogo. A interface virtual contempla elementos gráficos como a exibição da pontuação, menus, botões, tempo de jogo, entre outros elementos. Popularmente conhecidas como HUDs (do inglês *Heads-up display*). (SCHELL, 2010)

A interface de jogo (física e virtual) objetiva fazer com que o jogador se sinta no controle da experiência (SCHELL, 2010). É por meio da interface que o design de jogos se manifesta, uma vez que ela abrange tudo o que o jogador visualiza, escuta e interage no sistema de jogo. Ressalta-se que a interface de jogo pode ser uma camada separada dos gráficos do mundo ficcional de jogo, ou pode fazer parte desse mundo, o que inclui personagens, cenários, objetos entre outros elementos gráficos. Ao discutir a expressão gráfica dos jogos digitais educacionais, considero nessa discussão a interface virtual, bem como os demais elementos gráficos e visuais do mundo ficcional de jogo.

Os elementos visuais gráficos a serem utilizados no jogo educacional são variáveis em razão de diferentes fatores a citar, por exemplo, objetivo do jogo, conteúdo educacional, transformação desejada para o jogador, limitações técnicas, orçamento etc. Contudo, independente dos fatores, o seu objetivo é possibilitar a interação do aprendiz com o sistema de jogo, fomentando uma experiência educacional interativa.

Para permitir a interação entre o aprendiz e a interface do jogo, são utilizadas informações de: Navegação, Instrução, Comunicação Interativa (FARIAS e TEIXEIRA, 2014). Para cada uma dessas funções interativas, as informações são projetadas de maneira específica, permitindo que o aprendiz receba a informação, seja capaz de processá-la cognitivamente e elabore uma ação com base nas informações.

- **Navegação:** informações para permitir que o aprendiz navegue no ambiente virtual do jogo antes ou durante o jogo. Por exemplo, ajustar as preferências de jogo (e.g., nível de dificuldade, preferências de som, carregar o jogo salvo), personalizar e selecionar personagens, selecionar os níveis do jogo etc.
- **Instrução:** informações para treinar/instruir o aprendiz quanto aos elementos e sistema de jogo. Por exemplo, tutoriais, explicação de controles, fases de treinamento etc.
- **Comunicação interativa:** informações para permitir a comunicação entre o aprendiz e o sistema de jogo, o que representa as entradas e saídas durante a experiência de jogo. Por exemplo, mensagens textuais, *feedback* oral do sistema, gestos do aprendiz ou uso de controles.

Os jogos educacionais possuem uma camada adicional de informação: o **conteúdo educacional** que serve de base para os objetivos de aprendizagem. Esse conteúdo estabelece

as mudanças necessárias destinadas ao aprendiz: como o conteúdo educacional será apresentado, quais tarefas e atividades o aprendiz precisará realizar no jogo para aprender o conteúdo ou realizar reflexões. Os elementos baseiam-se em recursos educacionais e abordagens instrucionais para promover a aprendizagem por meio das atividades do jogo. Por meio da expressão gráfica e dos elementos visuais, a equipe de desenvolvimento pode facilitar o processo de aprendizagem do aprendiz.

### 3. O Potencial Educacional da Expressão Gráfica

Jogos digitais educacionais eficazes oferecem aos alunos experiências de aprendizagem significativas em um ambiente seguro e interativo. A maioria dos jogos educacionais utiliza a multimodalidade para transmitir informações e instruir os jogadores. A teoria da aprendizagem multimídia sugere que as pessoas aprendem melhor quando palavras e imagens são usadas juntas (multimodal) (MAYER, 2009). Palavras abrangem representações verbais (por exemplo, texto, narração) e imagens abrangem representações pictóricas (não verbais) (por exemplo, imagens, ilustrações, animações, gráficos, vídeos).

O design da expressão gráfica do jogo educacional, bem como dos demais elementos educacionais faz parte do processo criativo da equipe de desenvolvimento. Cada projeto apresenta particularidades e desafios específicos, os quais são endereçados no processo de design. Contudo, usualmente os elementos de jogo (e.g., mecânicas, regras, elementos visuais) são desenvolvidos com base nas **definições de conteúdo, abordagem pedagógica e objetivo educacional** (WINN 2008, CHAMBERLIN, TRESPALACIOS e GALLAGHER, 2012). Tais definições estão associadas ao aprendiz (audiência), ambiente de uso do jogo e o refinamento dos objetivos educacionais (Tabela 1).

**Tabela 1: Questões base para o desenvolvimento de jogos educacionais**

<b>Sobre a audiência</b>	Quem é a audiência do jogo?
	Qual é o conhecimento dessa audiência sobre o conteúdo do jogo?
<b>Ambiente de uso</b>	Onde o jogo será utilizado e como?
	Os aprendizes jogarão em um ambiente controlado?
	Os aprendizes jogarão individualmente ou colaborativamente?
<b>Refinamento dos objetivos educacionais</b>	Em qual plataforma ou ambiente o jogo será utilizado?
	Como o conteúdo atualmente é ensinado?
	Por que a forma atual não está funcionando?
	Quais são os erros comuns cometidos pelos aprendizes na aprendizagem do conteúdo?
	Como é possível mensurar se o aprendiz compreendeu completamente o conteúdo? O que o aprendiz pode fazer, dizer ou demonstrar?
	O que o aprendiz precisa saber, fazer e compreender para aprender o conteúdo?
O que o aprendiz já sabe ou acredita que sabe sobre o conteúdo?	

Fonte: adaptado de Chamberlin, Trespalacios and Gallagher (2012, p.93-95 – tradução do autor).

Os recursos gráficos visuais são utilizados nos jogos educacionais em diferentes funções comunicativas: **Meramente decorativa** - motivar o aprendiz; **Representacional** - ilustrar objetos ou processos de uma forma realista; **Organizacional** - ilustrar relações conceituais no conteúdo; **Mnemônica** - facilitar a recordação de fatos ou conceitos; **Relacional** - ilustrar relações quantitativas no conteúdo; **Transformacional** – ilustrar procedimentos na atividade ou conteúdo. Os recursos visuais facilitam o processo de aprendizagem do aprendiz durante a interação com o jogo educacional, ao estimular benefícios psicológicos: **direcionar a atenção e facilitar o entendimento do conteúdo; conectar novas informações aos conhecimentos prévios; reduzir a carga cognitiva de processamento do aprendiz na atividade; motivar o aprendiz nos objetivos educacionais** (CLARK e LYONS, 2011)

Para descrever os benefícios dos recursos visuais, a seguir descrevo experiências e exemplos de jogos do projeto *Math Snacks*<sup>2</sup>. O projeto *Math Snacks* desenvolve animações, jogos e aplicativos para ajudar aprendizes da 5ª à 8ª série a compreender conceitos matemáticos, que de alguma forma causam confusões ou geram dificuldades no aprendizado. Aprendizes que utilizaram os recursos educacionais do projeto *Math Snacks* apresentam melhoras significativas na compreensão dos conceitos matemáticos (WIBURG et al., 2016).

### 3.1. Direcionar a Atenção e Facilitar o Entendimento do Conteúdo

Os elementos visuais podem ser utilizados em jogos educacionais para direcionar a atenção do aprendiz para informações importantes do conteúdo e facilitar o entendimento de conceitos, teorias e procedimentos.

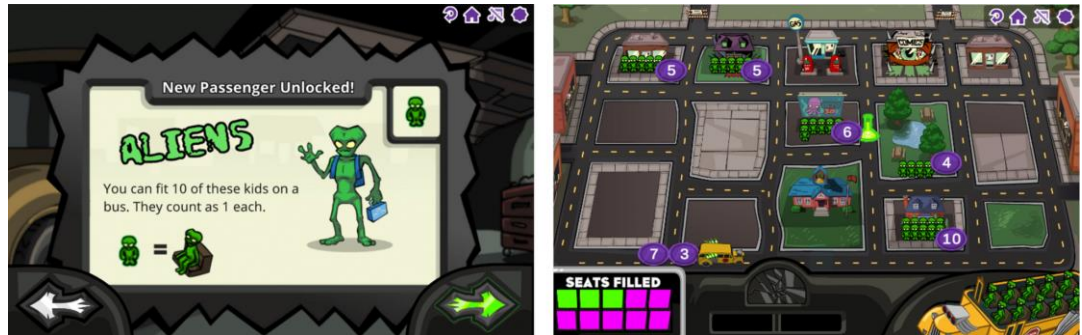
Por exemplo, o jogo de matemática *Monster School Bus* tem como objetivo auxiliar aprendizes a compreender a base dez. Para tanto, os jogadores precisam carregar um ônibus escolar com crianças monstros de diferentes bairros e levá-las à escola. Os jogadores precisam deixar o ônibus completo com 10 crianças para atingir uma pontuação perfeita (e.g., 7 crianças de uma parada com 3 de outra). Quando o jogador embarca os monstros no ônibus a interface de jogo representa visualmente em formas geométricas simples quantos assentos foram utilizados por cada grupo de monstro, bem como ilustra em uma visão superior os monstros sentados no ônibus (Figura 1).

Os elementos gráficos visuais utilizados no jogo permitem que os aprendizes visualizem o agrupamento de números na base dez com números inteiros. Ao longo dos níveis de jogo, novos monstros são introduzidos, os quais possuem valores e representações diferentes – frações simples e decimais. Dessa forma, o aprendiz consegue visualizar compreender a base dez utilizando diferentes agrupamentos de números. Quando o jogador entrega uma carga completa de crianças para a escola, frascos de poção verde aparecem na estrada. Para cada frasco verde coletado pelos jogadores, um prédio na vizinhança se transforma em sua versão “estilizada”, adicionando diversão e estímulo visual ao ambiente de jogo.

---

<sup>2</sup> Mathsnaacks.org - Os jogos e animações estão disponíveis em inglês e espanhol.

Figura 1: (esquerda) o tutorial informando o jogador que o monstro “alien” equivale a 1 e ocupa um assento do ônibus; (direita) elementos visuais informando o jogador que todos os assentos do ônibus foram preenchidos.



Fonte: [mathsnacks.com/monster-school-bus.html](https://mathsnacks.com/monster-school-bus.html)

### 3.2. Conectar Novas Informações aos Conhecimentos Prévios e Construir Novos Modelos Mentais.

Os elementos visuais podem ser utilizados em jogos educacionais para facilitar a conexão entre os conhecimentos prévios do aprendiz com os novos conhecimentos ensinados na atividade. Além disso, o conteúdo de jogo e suas mecânicas podem ser configurados para permitir que o jogador construa novos modelos mentais, ao praticar o conteúdo treinado no jogo em atividades diferenciadas (e.g., fases bônus, desafios extras). Os modelos mentais representam como o conteúdo é organizado e memorizado mentalmente pelo aprendiz durante o processo de aprendizagem.

Por exemplo, no jogo *Curse Reverse*, cujo objetivo educacional é auxiliar aprendiz na construção de expressões algébricas, o jogador precisa retornar objetos roubados de diferentes tumbas para acabar com uma maldição. Na expressão gráfica do jogo, o jogador precisa movimentar plataformas horizontalmente e verticalmente, utilizando os valores das variáveis e o menor número possível de movimentos. O jogador pode escolher visualizar uma guia/rede, bem como as variáveis nas plataformas (Figura 2).

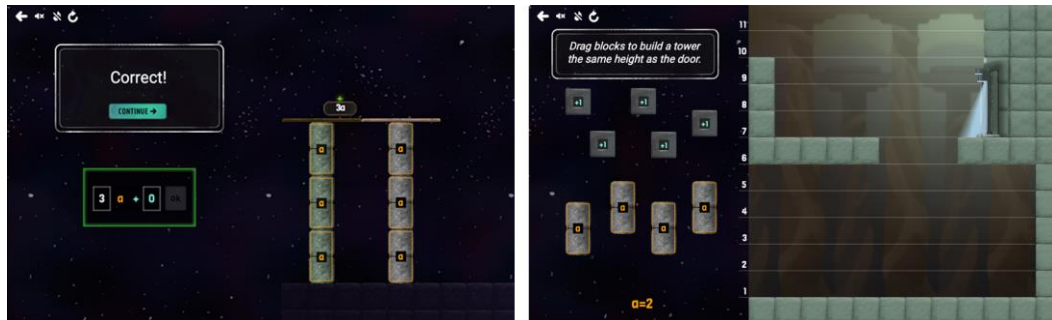
Figura 2: Tela do jogo *Curse Reverse* - o jogador precisa movimentar as plataformas para percorrer com o seu personagem ao longo da fase, para isso o jogador utiliza os valores das variáveis determinadas para cada fase.



Fonte: [mathsnacks.com/curse-reverse.html](https://mathsnacks.com/curse-reverse.html)

Ao final de cada mundo de jogo (aprox. 3 a 4 fases), o jogador tem a oportunidade de construir expressões, com base nas habilidades treinadas nas fases do jogo (Figura 3). Dessa forma, o jogador tem a chance de praticar o conhecimento ensinado, treinando o seu uso em um contexto diferenciado e mais próximo da construção real da expressão algébrica.

**Figura 3: Fases bônus do jogo, onde o jogador pode criar expressões algébricas, praticando o que aprendeu nas das fases anteriores do jogo.**



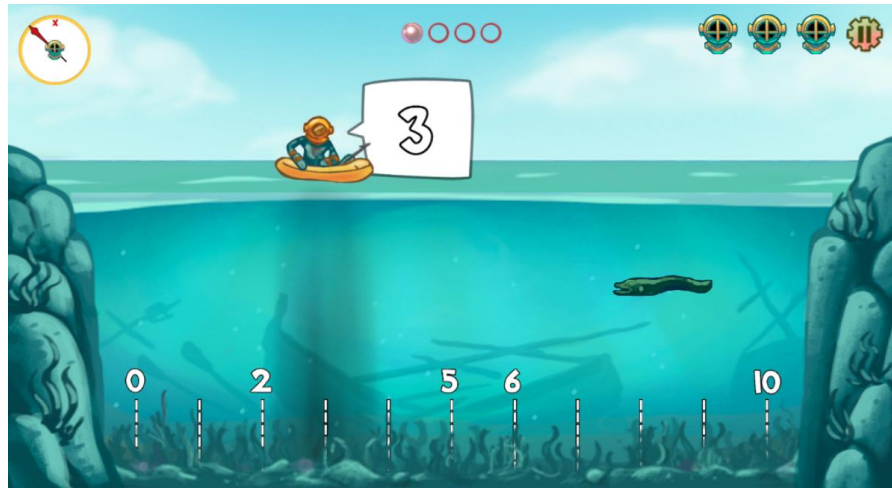
Fonte: [mathsnacks.com/course-reverse.html](https://mathsnacks.com/course-reverse.html)

### 3.3. Reduzir a Carga Cognitiva de Processamento do Aprendiz na Atividade

Os elementos visuais podem ser utilizados em jogos educacionais para reduzir a carga cognitiva do processamento do aprendiz durante a atividade. O aprendiz possui uma capacidade limitada, em um determinado período para processar informações em cada canal representacional (SWELLER 1994).

No jogo matemático *Pearl Diver*, uma interface minimalista é utilizada para que o foco do processamento do jogador seja a linha numérica, que representa o conteúdo e objetivo educacional do jogo (Figura 4). A expressão gráfica do jogo poderia ter apenas a linha numérica e a indicação dos números que o jogador deveria selecionar na linha, o que tornaria a experiência de jogo tediosa e visualmente pouco interessante. Diante disso, elementos visuais decorativos foram utilizados para construir a narrativa e experiência de jogo, bem como para tornar a atividade mais desafiante (e.g., peixe elétrico que o jogador precisa evitar). No jogo, o jogador é um mergulhador em busca de perolas preciosas que estão escondidas no fundo do mar e para encontrá-las é necessário utilizar a linha numérica. Os elementos visuais da expressão gráfica do jogo são simples visando não sobrecarregar o aprendiz, ademais a sua composição foi elaborada como uma moldura que direciona a atenção do aprendiz para a linha numérica no centro da interface.

Figura 4: tela do jogo *Pearl Diver* - o jogador precisa coletar as pérolas preciosas mergulhando na linha numérica na posição correta do número indicado pelo sistema.



Fonte: [mathsnacks.com/pearl-diver.html](https://mathsnacks.com/pearl-diver.html)

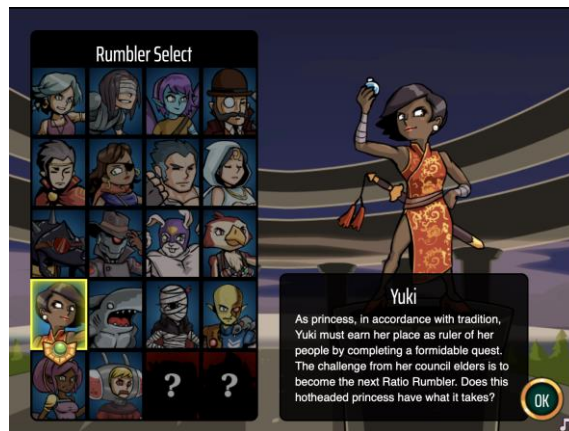
### 3.4. Motivar o Aprendiz a Iniciar e Completar os Objetivos Educacionais

Os elementos visuais podem ser utilizados em jogos educacionais para estimular e motivar o interesse do aprendiz a iniciar e completar as atividades de jogo. A motivação caracteriza-se como um elemento central para a aprendizagem (WITTROCK, 1989) e faz parte do processamento ativo (MAYER, 2009): quando o aprendiz está engajado no processamento cognitivo; presta atenção nas informações relevantes; organiza a informação em representações mentais coerentes; integra essa nova informação aos seus conhecimentos prévios.

A teoria da autodeterminação argumenta que para uma atividade fomentar e sustentar a motivação intrínseca (quando o indivíduo está engajado na atividade por conta própria), bem como promover o desenvolvimento de um indivíduo, ela precisa satisfazer três necessidades psicológicas básicas: Autonomia, Competência e Conectividade Social (RYAN e DECI, 2019). Como parte da experiência de jogo, essas necessidades podem ser contempladas na expressão gráfica do jogo e seus elementos visuais.

A **autonomia** do aprendiz pode ser estimulada em jogos educacionais quando o sistema oferta uma ampla possibilidade de escolhas por exemplo, a customização de personagem e outros elementos gráficos de jogo (e.g. cenários, veículos, objetos), a escolha dos desafios a serem realizados dentre uma longa lista de possibilidades etc. Por exemplo, no jogo *Ratio Rumble*, além de ofertar diferentes fases, o sistema de jogo permite ao aprendiz selecionar um personagem dentre uma longa lista de possibilidades gráficas, o que tende a estimular uma identificação e conexão do aprendiz com o personagem de jogo (Figura 5)

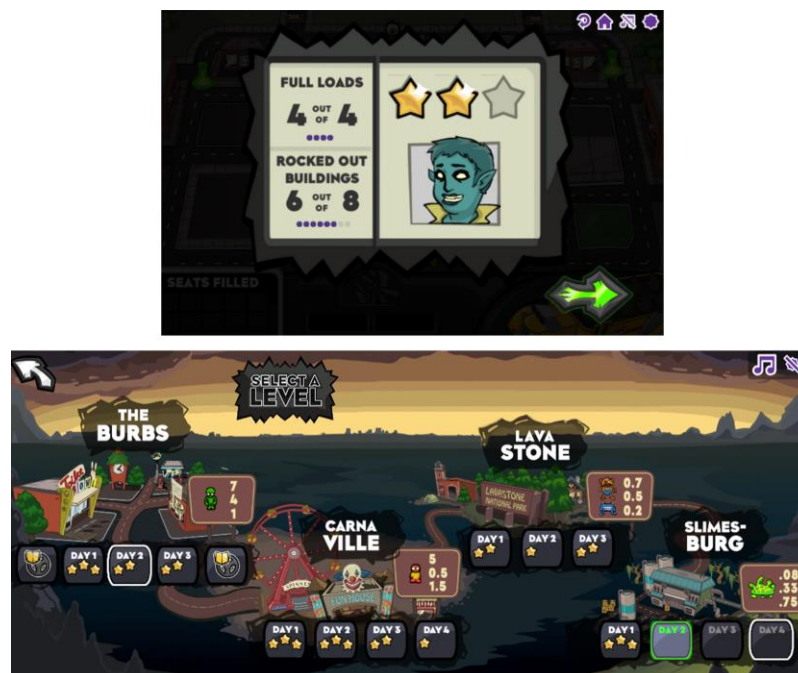
Figura 5: A variedade de personagens para a escolha do aprendiz no jogo *Ratio Rumble*



fonte: [mathsnacks.com/ratio-rumble.html](https://mathsnacks.com/ratio-rumble.html)

A necessidade da **competência** está conectada com o desenvolvimento da autoeficácia e maestria do aprendiz na atividade. Jogos educacionais eficazes oferecem oportunidades de ação e sucesso para o aprendiz, com desafios estimulantes e progressivos em relação às suas habilidades. Uma forma de fomentar a competência é apresentar ao aprendiz objetivos claros, bem como promover *feedback* imediato e cumulativo. Por exemplo, no jogo *Monster School Bus*, ao final de cada fase o aprendiz recebe um resumo visual do seu desempenho na fase, bem como na tela de seleção de fases o jogador consegue visualizar o desempenho obtido em cada fase, por meio de estrelas (Figura 6).

Figura 6: Telas do jogo *Monster School Bus* - (acima) Tela com o progresso do jogador após finalizar uma fase; (abaixo) Tela seleção de fases com o desempenho do jogador para as fases finalizadas.



Fonte: [mathsnacks.com/monster-school-bus.html](https://mathsnacks.com/monster-school-bus.html)



Por fim, os jogos educacionais podem fomentar uma **conexão emocional** do aprendiz com a narrativa e os personagens de jogo (e.g. jogáveis, não jogáveis, outros jogadores). Essa conexão emocional satisfaz a necessidade de conectividade social do aprendiz, a sentir-se parte de uma comunidade e importante para outros jogadores e/ou personagens. Por exemplo, no jogo *Monster School Bus* a narrativa de jogo estimula uma conexão entre o jogador e o chefe (personagem não jogável que orienta o jogador), por meio de uma linguagem coloquial, humorada e com elogios para o progresso do jogador nos desafios.

**Figura 7:** Tela da narrativa do jogo *Monster School Bus*, momento em que o “chefe” parabeniza o jogador pelo bom desempenho.



Fonte: [mathsnacks.com/monster-school-bus.html](https://mathsnacks.com/monster-school-bus.html)

Os benefícios cognitivos dos elementos visuais descritos ao longo deste ensaio estão conectados e permitem uma flexibilidade de uso na expressão gráfica de jogo, o que será guiado em especial pelas necessidades educacionais da audiência. Para criar jogos educacionais significativos, o que inclui a configuração dos seus elementos visuais na apresentação e interação com o conteúdo, muitos testes com o usuário são necessários (i.e., *testes formativos*: realizados durante o processo de desenvolvimento; *testes sumativos*: realizados após o jogo estar finalizado).

#### 4. Considerações Finais

O jogo educacional enquanto um recurso multimídia, tem como foco a experiência do aprendiz, uma vez que o aprendizado ocorre por meio da interação do aprendiz com os elementos dinâmicos do jogo que fazem parte da sua expressão gráfica.

A expressão gráfica e os elementos visuais exercem um papel importante na construção da experiência de jogo, não só possibilitando a navegação, interação e comunicação interativa do aprendiz com o sistema de jogo. Mas em especial, nas funções comunicativas e na forma gráfica que a atividade educacional será organizada, apresentada, e possibilitará a interação do aprendiz.

Nesse sentido, para desenvolver jogos educacionais eficazes e significativos, argumento como importante: utilizar um processo de design **guiado por pesquisa** - pesquisas informando as decisões de design; contemplar uma equipe **multidisciplinar** - especialistas no conteúdo, professores, desenvolvedores e designers instrucionais; e adotar uma abordagem **centrado no aprendiz** - as necessidades educacionais do aprendiz à frente do projeto. Por fim,

destaco que as possibilidades da expressão gráfica em jogos são inúmeras, bem como estão em constante evolução, a seguir os avanços tecnológicos e de acesso às tecnologias.

### Agradecimento

*Math Snacks materials were developed with support from the National Science Foundation (0918794 and 1503507). Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation.*

### Referências

CHAMBERLIN, Barbara. A., SCHELL, Jesse. The Secret Process for Making Games that Matter. **Connected Learning Summit**. MIT, Boston, MA (August 2, 2018).

CHAMBERLIN, Barbara.; TRESPALACIOS, Jesús.; & GALLAGHER, Rachel. The learning games design model: immersion, collaboration, and outcomes-driven development. **International Journal of Game- Based Learning (IJGBL)**, 2(3), p. 87-110, 2012.

CLARK, Ruth. C.; LYONS, Chopeta. **Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials**. John Wiley & Sons, 2011.

FARIAS, Bruno. S.; TEIXEIRA, Mário. Análise de elementos visuais em jogos digitais: a função da navegação, instrução e comunicação em dispositivos portáteis. **InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação**, 2013, vol. 10, no 3, p. 245-261.

GÓES, Heliza C. Um esboço de conceituação sobre Expressão Gráfica. **Revista Educação Gráfica**, 2013, vol. 17, no 1, p. 1-21.

MAYER, Richard. E. **Multimedia learning**. 2nd ed.: New York, NY: Cambridge University press, 2009.

RYAN, Richard. M.; DECI, Edward. L. Motivational foundations of game-based learning. *In: PLASS, J. L.; MAYER, R. E.; HOMER B. D. (eds). Handbook of Game-Based Learning*, MIT Press, 2019. p. 153-176. ISBN 9780262043380

SCHELL, Jesse. **The Art of Game Design: A book of lenses**. CRC press, 2008. ISBN 9780080919171, 0080919170

SWELLER, John. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. **Learning and instruction**, 1994, vol. 4, no 4, p. 295-312.

TOBIAS, Sigmund. et al. Multimedia learning from computer games. In R. E. Mayer (Ed.), **The Cambridge handbook of multimedia learning** (2nd ed., pp. 762–784). New York, NY: Cambridge University Press. 2014.

WIBURG, Karin, et al. Impact of Math Snacks games on students' conceptual understanding. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, 2016, vol. 35, no 2, p. 173-193.

WINN, Brian. The design, play, and experience framework. In FERDIG, R. E. Ed., **Handbook of research on effective electronic gaming in education**. New York, USA: IGI global, 2008, Cap. 58, p.1010-1024.

WITTRUCK, Merlin C. Generative processes of comprehension. **Educational psychologist**, 1989, vol. 24, no 4, p. 345-376.

YUAN, Bei; FOLMER, Eelke; HARRIS, Frederick C. Game accessibility: a survey. **Universal Access in the information Society**, 2011, vol. 10, no 1, p. 81-100.