

Uma Análise dos Jogos Lumosity e Elevate: Delineando Métricas Avaliativas

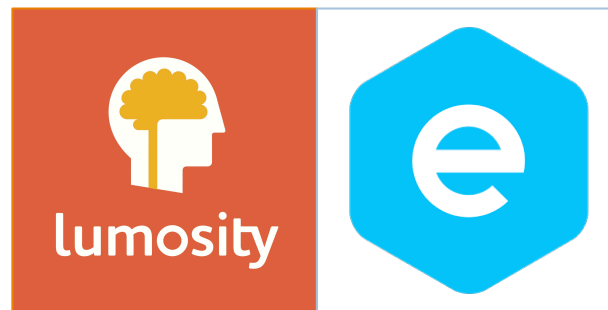
Lynn Rosalina Gama Alves^{1,2}William de Souza Santos²Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Educação, Brasil¹Faculdade Senai Cimatec, Programa de Pós-Graduação, Brasil²

Figura 1: Jogos Lumosity e Elevate.

RESUMO

A interação com os dispositivos móveis tem crescido de forma significativa em todo o mundo. Distintos grupos geracionais acessam continuamente através de seus *smartphones*, redes sociais, *e-mails*, jogos e aplicativos (muitos deles gamificados). Alguns desses aplicativos, como o *Elevate* e o *Lumosity* têm o objetivo de estimular habilidades cognitivas, com um sistema de recompensa através de *feedbacks* que motivam e seduzem seus interatores a diariamente vencerem os desafios que são liberados, podendo acompanhar sua performance através de gráficos. Estes ambientes denominados de *digital brain games* apresentam mecânicas clássicas que engajam os jogadores que acreditam na possibilidade de melhorar suas funções executivas (FE). Este artigo tem o objetivo de analisar as estratégias e métricas para registro da performance dos usuários no que se refere especialmente a memória de trabalho, considerada como um dos componentes principais das funções executivas, propondo após essa fase, elementos que podem contribuir para construção de um modelo de avaliação para jogos voltados para a estimulação das FE. Para tanto, iremos interagir com os dois ambientes, selecionando um jogo em cada um deles que estimulam a memória de trabalho, comparando-os e analisando suas potencialidades e limitações. O diálogo teórico será construído com autores que discutem as categorias: *digital brain games* e funções executivas.

Palavras-chave: métricas, funções executivas, *digital brain games*.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados da

análise dos aplicativos *Lumosity* e *Elevate* que disponibilizam jogos que intencionam estimular as funções cognitivas com ênfases distintas. Enquanto o *Lumosity* centra-se nas funções executivas, o *Elevate* estimula estas funções, mas direciona os seus desafios visando melhorar o foco e a comunicação na língua inglesa. As funções executivas são aqui compreendidas na perspectiva de [1] enquanto "um conjunto de habilidades que permitem ao indivíduo direcionar comportamentos a metas, planejando e resolvendo problemas imediatos de médio e longo prazo".

É importante ressaltar que os dois ambientes caracterizam-se por promover desafios através de minigames que exigem um tempo máximo de 10 a 15 minutos para serem solucionados. Abaixo descrevemos cada um destes ambientes, bem como os sistemas de pontuação utilizados, identificando as métricas que indicam ao jogador se houve uma melhoria nas suas funções executivas após interação com o jogo. Iremos analisar a memória de trabalho, propondo após essa fase, elementos que podem contribuir para construção de um modelo de avaliação para jogos voltados para a estimulação das FE. O diálogo teórico será construído com autores que discutem as categorias: *digital brain games*, funções executivas e a abordagem metodológica que norteou a investigação foi a auto-etnografia, [2].

2 TRABALHOS RELACIONADOS E O DELINEAMENTO DOS OBJETOS DE ESTUDO

O termo *digital brain games* vem sendo utilizado para se referir a jogos digitais que estimulam as funções cognitivas, dando destaque para as funções executoras, especialmente memória de trabalho, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, planejamento, categorização, entre outras. A aplicação destes jogos vem sendo usada em situações de diagnóstico, avaliação, estimulação e intervenção de crianças, jovens, adultos e idosos que apresentam sintomas ou diagnóstico de transtornos de Déficit de Atenção e Hiperatividade, *Alzheimer*, *Parkinson*, Autismo, entre outros.

¹ e-mail: lynnalves@gmail.com

² e-mail: william.tenor@gmail.com

O grande desafio para aplicativos deste gênero é garantir que a interação com estes ambientes pode trazer melhorias no processo de desenvolvimento de habilidades cognitivas. Para tanto é necessário o levantamento de diversas evidências ou indicadores no intuito de comprovar tais resultados.

Dentro da classificação destes tipos de jogos de treinamentos cerebrais, destacamos o *Lumosity*, que em seu site, informa que cerca de 70 milhões de pessoas no mundo tem utilizado este aplicativo que é desenvolvido com auxílio de uma equipe de neurocientistas responsáveis por pesquisas que trazem evidências que tais jogos para o treinamento cognitivo são eficazes para seus jogadores.

Em contraponto a esta perspectiva, pesquisadores vinculados a universidades vêm apresentando críticas a esses resultados, a exemplo de [3] [4], bem como a carta do Centro de *Stanford* sobre Longevidade (*Letter of Stanford Center on Longevity*) assinada por setenta e cinco pesquisadores vinculados a centros de investigações nos Estados Unidos (48), Canadá (3), Suíça (8), Suécia (3), Inglaterra (2), Escócia (1), Alemanha (7), Holanda (2) e Noruega (1), de 20 de outubro de 2014, na qual os investigadores se posicionam contrários aos créditos de que os brain games podem reduzir ou reverter o declínio cognitivo, especialmente de pessoas idosas, considerando que não existem evidências científicas convincentes até a data da assinatura da carta. No julgamento dos signatários, reivindicações exageradas e enganosas exploram a ansiedade dos idosos sobre o declínio cognitivo iminente. Os investigadores encorajam a continuidade da investigação e validação cuidadosa neste campo.

O *Lumosity*³ é um aplicativo disponível para os sistemas operacionais Android, IOS, *Web* e está disponível em inglês, português, francês, espanhol, alemão e japonês, com o objetivo de trabalhar as competências relacionadas a velocidade, memória, atenção, flexibilidade e resolução de problemas. O aplicativo disponibiliza 60 jogos na versão Pro (paga) do tipo casual, isto é, que você pode jogar em qualquer lugar e a qualquer hora e em pouco tempo (uma média de 5 a 10 minutos por jogo, a depender da performance do jogador). O site *lumosity.com* foi lançado em 2007 e é um dos 10 app mais baixados com mais de 70 milhões de usuários. Diariamente são liberados 3 jogos, que indicam treinar uma das funções executivas indicadas acima. Embora, não seja apresentada uma meta diária, antes de iniciar cada jogo é visualizado o maior escore obtido nas interações anteriores. Ao término de cada interação é visualizado os 5 melhores escores como pode ser visto na Figura 2.

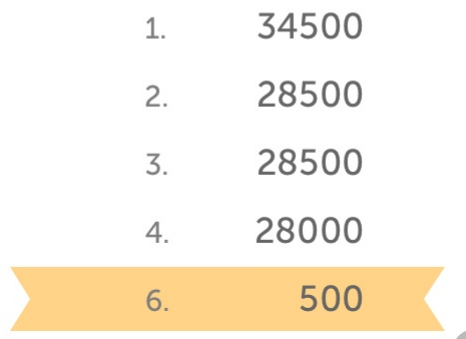
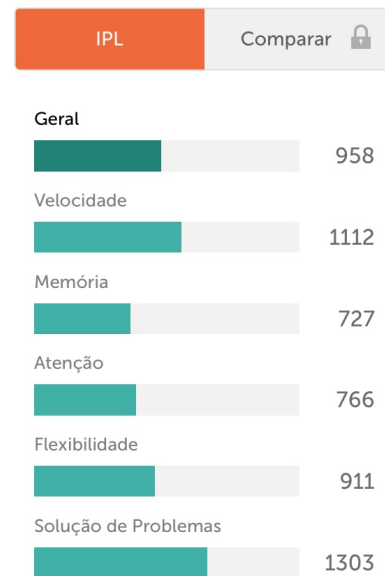


Figura 2: Escores do *Lumosity*.

A quantidade de interações com cada jogo é livre, mas a sugestão do app é que ao terminar um jogo, o usuário seja direcionado ao próximo jogo disponível, mas o jogador tem liberdade de retornar e interagir mais vezes com o jogo anterior.

O processo de calibragem do app para o perfil do usuário é feito com a primeira interação do jogador com cada jogo, como pode ser visto na mensagem disponível no ambiente do *Lumosity* (Figura 3) e as comparações do perfil do jogador com os demais usuários só está disponível para aqueles que possuem a versão PRO.



Sobre o IPL

O Índice de Performance Lumosity (IPL) é uma escala padronizada calculada com base nas suas pontuações em jogos. O IPL ajuda você a comparar seus pontos fortes e fracos em jogos que desafiam habilidades cognitivas diferentes. O seu IPL global é calculado através da média das suas pontuações em jogos em todas as cinco Áreas Cerebrais.

Observação: novos jogos não afetarão o seu IPL nas primeiras semanas, enquanto coletamos os dados para calibrá-lo.

Figura 3: Escores do *Lumosity*.

Já o *Elevate*⁴ é um aplicativo disponível para sistemas operacionais Android e IOS e tem como objetivo trabalhar as competências relacionadas à matemática, gramática, escrita e leitura da língua inglesa estimulando as FE já evidenciadas anteriormente com elementos de gamificação⁵, por exemplo, utilizando desafios, pontos, *feedback*, recompensa, entre outros. O aplicativo disponibiliza 39 jogos na versão PRO (paga), do tipo casual, isto é, que você pode jogar em qualquer lugar e a qualquer hora e em pouco tempo (uma média de 5 a 10 minutos por jogo, a depender da performance do jogador). Este aplicativo foi lançado em maio de 2014 e já teve mais de 10 milhões de downloads, segundo o site da empresa. O jogador é desafiado diariamente a interagir com três jogos relacionados com as competências acima e só pode avançar para o próximo jogo se vencer o objetivo do primeiro jogo e depois do segundo jogo, concluindo a meta diária com o terceiro jogo. No final de cada jogo são visualizados os

³ <http://www.lumosity.com>

⁴ <https://www.elevateapp.com/#/>

⁵ É importante destacar que compreendemos o processo de gamificação para além de badges, points e leaderboards, mas não é objetivo deste artigo essa discussão.

escores de todas as interações com o jogo considerando sua ordem cronológica, ao contrário do *Lumosity* que apenas mostra os maiores escores conquistados. Neste escore também é possível identificar se a meta do dia foi conquistada ou não. Observando a Figura 4, pode-se ver que o nível de dificuldade atual e o próximo estão iguais demonstrando que a meta do dia foi conquistada.

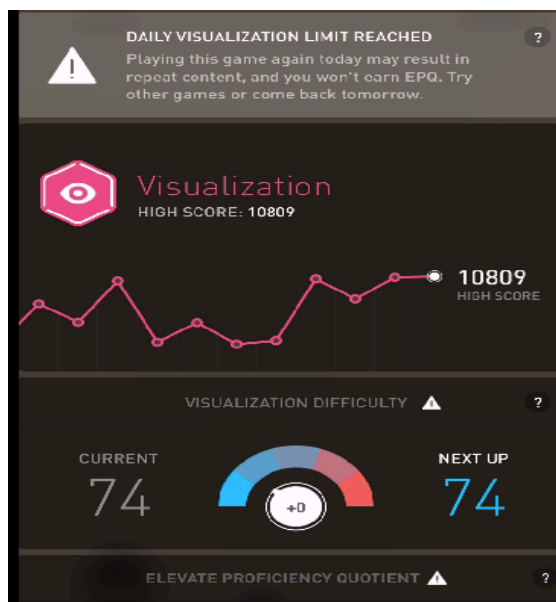


Figura 4: Escores do Elevate.

As quantidades de interações com os jogos no *Elevate* também são ilimitadas e o jogador pode ficar tentando até ganhar. Contudo, após a 5ª interação ou caso seja alcançada a meta diária é visualizado um aviso como pode ser visto no topo da figura 4 que diz: O limite diário da *Visualization* chegou. Jogar este jogo novamente hoje pode resultar em conteúdo de repetição, e você não aumentará seu Quociente de Proficiência do Elevate - EQP, tente outros jogos ou volte amanhã. O EQP corresponde a performance do jogador nas habilidades relacionadas com a comunicação (*listening*, *speaking*, *writing* e *reading*) em inglês e na matemática (*sum*, *subtraction*, *percentage*). Contudo, para atingir a performance esperada é necessário um bom desempenho das funções executivas, a exemplo, da memória de trabalho, já que o jogador precisa armazenar informações que serão fundamentais para atingir o objetivo do jogo naquele momento.

O jogador pode acompanhar seu rendimento através da *Interface Performance*, onde o jogador encontra as informações sobre o nível em que se encontra em cada competência. Os níveis evoluem de básico para intermediário e posteriormente avançado.

Os desenvolvedores do *Elevate* o denominam como uma ferramenta de treinamento cognitivo para estimular as habilidades analíticas e de comunicação. O design do *Elevate* é diferenciado de outros aplicativos que tem o mesmo objetivo, a exemplo do *Lumosity* e *Peak*, pois utiliza *cartoons* para apresentar o progresso do jogador, cores mais vivas, se aproximando mais de um game [5]. Outro ponto de destaque do *Elevate* na sua versão atual (2016), é o processo de avaliação inicial, atuando como um pré-teste para identificar o nível de compreensão do novo usuário no que se refere aos conhecimentos da língua inglesa e dos conhecimentos básicos da matemática, a fim de propor um treinamento adequado para o usuário, possibilitando que este acompanhe sua evolução, bem como fornecer ao banco de dados do sistema do *Elevate* informações que possam evidenciar sua

atuação como um ambiente que treina e estimula a comunicação e o foco do jogador. Esse pré-teste traz uma série de perguntas que se referem aos conhecimentos que são trabalhados nos jogos.

Durante as interações realizadas, pelos autores desse artigo, foi possível observar que a quantidade de questões pode variar. Em algumas tentativas foram 15 questões e em outras tentativas chegaram até 21 perguntas, dentro do tempo permitido de no máximo 20 segundos para cada questão. Foi observado também que para mais acertos são dispostas mais questões, como forma de melhor caracterizar os conhecimentos prévios de quem irá interagir com os jogos. Outro aspecto interessante a ser evidenciado é que durante o pré-teste algumas questões levam em consideração um *feedback* do próprio interator, como por exemplo a pergunta: Como você classificaria a sua capacidade de lembrar os nomes de pessoas que você acabou de conhecer? As alternativas possíveis de escolha são: excelente, acima da média, na média e abaixo da média. Tal questionamento tem implícito a avaliação que o jogador faz da sua capacidade de armazenar informações na sua memória de trabalho. As respostas deste pré-teste impactam diretamente na classificação do usuário e em qual estágio ele será inserido, considerando a escala que é fornecida com base nos conhecimentos prévios do interator como pode ser visto na Figura 5 e na Tabela 1.

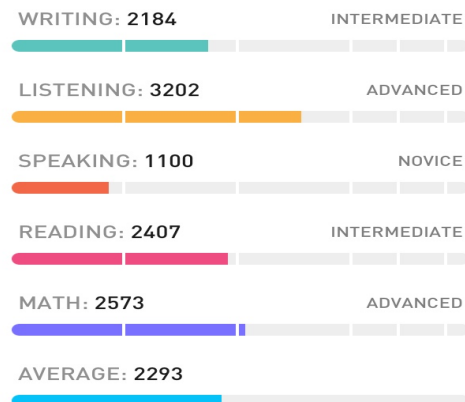


Figura 5: Escala de Conhecimentos prévios.

Tabela 1 - Escala de níveis de conhecimentos prévios

Nível	Pontuação	%
Novice	0 - 1250	0 a 25%
Intermediate	1250 - 2500	25% a 50%
Advanced	2500 - 3750	50% a 75%
Expert	3750 - 4250	75% a 85%
Elite	4250 - 4750	85% a 90%
Master	4750 - 5000	90% a 100%

Apesar das características apresentadas pelos dois ambientes, as contribuições deste ambientes para o desenvolvimento cognitivo ainda não estão comprovadas. Por exemplo, o fato de ter vencido os minigames e apresentar um nível avançado em uma determinada competência não significa que houve uma aprendizagem. É possível que o jogador ganhe e avance pelo simples fato de tentar muito tempo e memorizar as respostas e não entender o raciocínio matemático exigido em um jogo, como *Division Math*, por exemplo. A tentativa e erro é uma forma de aprendizagem, mais empírica segundo [6], mas não é um processo cognitivo complexo, como o de assimilar e acomodar que envolve operar por antecipações e retroação, fazendo pré-correção dos erros, modificando mentalmente o que está feito, assegurando a

reversibilidade, possibilitando a formação das estruturas operatórias no nível lógico-matemático.

A mediação de aplicativos, especialmente os do tipo *digital brain games* podem contribuir para a estimulação do cérebro e evoluir para um processo cognitivo complexo, mas é necessário o rigor e controle para provar se houve plasticidade cognitiva nos jogadores. Considerando que o cérebro é um sistema aberto de grande plasticidade, a mediação de instrumentos e signos, os jogos por exemplo, podem atuar como mediadores que possibilitam a modificação das funções cognitivas e executivas. [7],[8].

Os *brain games* que se caracterizam por estimular as funções cognitivas vem ganhando bastante evidência no mercado, aumentando a busca por pesquisas e desenvolvimento dos mesmos, a fim de evidenciar as contribuições cognitivas, especialmente para as pessoas que apresentam distúrbios cognitivos, disfunções neurodegenerativas, entre outros.

Dentro dessa perspectiva, destacamos o trabalho de Gazzaley e do grupo Akili⁶, formado por pesquisadores da área de neurociência e *game designers*, com financiamento e parceria da Pfizer, Shire (estas indústrias farmacêuticas), a *National Institute of Mental Health* e a *Autism Speaks* que vem desenvolvendo o *Project Evo*, divulgado na mídia digital. O *Project Evo* consiste em uma plataforma interativa, gamificada com três jogos denominados de clínicos que objetiva melhorar a atenção e memória de trabalho, dentre outras funções cognitivas de uma variada população que inclui crianças e idosos. As mecânicas dos jogos foram planejadas com o objetivo de aperfeiçoar as funções executivas como resolução de problemas, memória de trabalho e auto-regulação. O grupo do professor Gazzaley já vem realizando investigações com a mediação do jogo *Neuro-racer* (um dos jogos da plataforma *EVO*) para melhorar as habilidades cognitivas que declinam com a idade em idosos apresentando resultados significativos [9].

No que se refere aos aspectos emocionais, podemos citar o jogo *Crystals of Kaydor*⁷ que foi desenvolvido pelo *Center Games Learning Social* (GLS), coordenado por Kurt Squire que é professor e pesquisador da Universidade de Wisconsin. O jogo tem objetivo de ensinar as crianças comportamentos pró-sociais, incluindo o reconhecimento das emoções dos outros, isto é, sendo capaz de desenvolver empatia. O grupo desenvolveu uma nova abordagem para avaliar a capacidade das crianças de aprender esses comportamentos enquanto joga. *Crystals of Kaydor* teve a coordenação dos pesquisadores Constance Steinkuehler (GLS) e Richard Davidson, do *Center for Investigating Healthy Minds and Learning Games Network* - Universidade de Wisconsin.

Nos últimos quatro anos vem sendo realizadas investigações sobre a evidência das contribuições cognitivas do *Lumosity* e *Elevate* (em relação a este ambiente encontramos apenas a pesquisa de [10] que era membro da equipe de desenvolvimento) que são denominados pelos seus desenvolvedores como jogos que promovem o treinamento cognitivo. Embora as empresas responsáveis pelo *Lumosity*, *Elevate* e *Peak* (não será analisado esse este artigo) indiquem que possuam em suas equipes neurocientistas, neuropsicólogos e realizem pesquisas que apontam dados que ratificam a eficácia dos seus produtos, existem muitas críticas a esses resultados especialmente no que se refere ao *Lumosity* já que este projeto apresenta um número significativo de publicações que analisam o ambiente, [3][4]. Embora os pesquisadores que assinaram a carta do Centro de Stanford sobre Longevidade (*Letter of Stanford Center on Longevity*) não se refiram especificamente a nenhuma empresa, jogo ou ambiente interativo, se posicionam de forma crítica e fundamentada contra a propaganda enganosa de que determinados jogos que se denominam *digital brain games* possam promover ganhos

cognitivos, especialmente para os idosos. Segundo estes investigadores não existem evidências que comprovem tais afirmativas. Analisando esse dois ambientes, o *Elevate* e o *Lumosity*, foi possível a construção do Quadro 1.

Quadro 1 – Comparação dos Ambientes

Características	Elevate	Lumosity
Qtd. de jogos disponíveis na versão gratuita	Versão gratuita limitada a 23 jogos	Versão gratuita limitada a 26 jogos
Qtd. de jogos disponíveis na versão Pro	Versão PRO acesso a 39 jogos	Versão PRO acesso a 23 jogos em dispositivos móveis e 60 na web.
Habilidades estimuladas	Ênfase na comunicação e foco, desenvolvimento de habilidades como escrita, leitura, matemática, gramática. Estas habilidades são estimuladas através de minigames que exigem funções executivas semelhantes as indicadas no Lumosity	Ênfase nas funções executivas como memória de trabalho, atenção, flexibilidade cognitiva, pensamento rápido e resolução de problemas.
Evidências científicas da estimulação dos jogos	Poucas publicações sobre as evidências da eficácia da estimulação; a única pesquisa encontra foi realizada por um membro da equipe vinculada a empresa.	Pesquisas do grupo de especialistas vinculados a empresa e muitas pesquisas independentes que fazem críticas e apontam limitações no Lumosity
Slogan do programa	“seu treinamento mental pessoal”	“neurociência de ponta personalizado para você.”
Socialização dos resultados com outros usuários	A interface que informa a comparação dos resultados com outros usuários não apresenta clareza.	Possibilita a comparação dos resultados com outros usuários, na versão PRO.
Interface	Design e sistema de recompensa com animações cores, leveza	Os jogos enfatizam padrões
Ludicidade e diversão	Sensação de estar realizando um trabalho escolar ao invés de está jogando.	Sensação de estar realizando um trabalho escolar ao invés de está jogando.
Mecânicas de interação	Point click, swipe	Point click, swipe
Quantidade de jogos liberados diariamente para cumprir a meta	3 jogos diários	3 jogos diários
Tempo diário exigido para cumprir a meta	10 minutos	15 minutos

⁶ <http://www.akiliinteractive.com>

⁷ http://www.gameslearningsociety.org/kaydor_microsite/

Considerando a caracterização dos ambientes acima referenciados, iniciamos a análise dos jogos, identificando as funções executivas que são estimuladas em cada um. Os resultados serão discutidos e socializados na seção 4.

3 MEMÓRIA DE TRABALHO (MT)

Segundo [11], as funções executivas são habilidades que capacitam o indivíduo a tomar decisões, avaliar e adequar seus comportamentos e estratégias, na busca da resolução de um problema. As funções executivas se dividem em: planejamento, inibição, flexibilidade cognitiva, fluência verbal, memória de trabalho e resolução de problemas. Segundo os estudos de [12] e [13], o desenvolvimento das funções executivas inicia-se no primeiro ano de vida e se intensifica entre 6 e 8 anos de idade, continuando até o final da adolescência e início da idade adulta.

A memória de trabalho é uma das funções mais evidenciadas nos jogos do tipo *digital brain games* e está incluída nos componentes frios. Para [1], estes componentes são puramente cognitivos e relacionam-se com problemas abstratos, estão associados ao circuito dorsolateral, baseiam-se na lógica e não dependem da ativação emocional para seu desempenho efetivo. Esta memória, também denominada memória operacional se caracteriza pela capacidade que o indivíduo tem de armazenar informações temporárias com rapidez para que possam ser utilizadas em distintas situações [1]. Embora os conteúdos que guardamos em nossas memórias possam ter cargas afetivas, a função executiva de memória de trabalho caracteriza-se por um componente cognitivo, por conteúdos que armazenamos de forma transitória e ajudam a regular o nosso cotidiano. Estas informações podem ficar registradas por um tempo maior devido a um sistema de repetição que conta com a mediação de diferentes recursos (sonoros, visuais, entre outros) [14]. Segundo [14] “Este tipo de memória, embora transitória, tem a função não só de reter a informação, mas é capaz também de processar o seu conteúdo, modificando-o. Os sistemas neurais responsáveis por ela constituem uma unidade de processamento que lida com vários tipos de informação, como sons, imagens e pensamentos, mantendo-os disponíveis para que possam ser utilizados para atividades como a solução de problemas, o raciocínio e a compreensão”.

Os jogos digitais por sua diversidade de recursos se constituem em um âmbito favorável para estimular e treinar a memória de trabalho, desafiando o jogador a temporariamente gerenciar diferentes informações que são necessárias para vencer os desafios e missões e ganhar o jogo, sendo recompensado. Um jogo que não tem pretensões cognitivas como *Plants Versus Zombies*, por exemplo, pode atuar como um ambiente para estimular distintas funções executivas, como planejamento, controle inibitório, memória de trabalho, entre outras. Tanto este jogo como os caracterizados como *digital brain games*, exigem que o jogador gerencie um número de informações que podem ser reativadas um número de vezes quando são associadas a sinais e pistas que contribuem para conservá-las disponíveis por um período maior de tempo na memória operacional do usuário [14].

Outro aspecto importante que deve ser considerado na interação com os jogos e especialmente com os *digital brain games*, é a persistência. A persistência é a capacidade do jogador de não desistir mesmo quando não alcança êxito e relaciona-se com a motivação interna do sujeito e sua habilidade de lidar com a frustração e a perda. [15] em interlocução com outros autores, afirma que a persistência geralmente é classificada como um elemento de função executiva para ser pensado e relacionado a atenção auto-regulada, a cognição e o comportamento. A autora em sintonia com seus interlocutores registra que a persistência

vem sendo estudada desde da década de 30 e tem sido indicada como uma das habilidades necessárias para o século 21, no qual os empregos vem exigindo a atenção sustentada e esforço para concluir tarefas multifacetadas.

O universo dos jogos digitais podem se constituir em um espaço rico para estimular também a persistência, na medida em que o jogador, investe muito tempo para solucionar os problemas que são apresentados nos minigames e nas narrativas.

No caso dos jogos aqui analisados, uma forma de estimular o comportamento persistente é o sistema de recompensa dos jogos, que motivam o jogador a não desistir, seja porque ele aumenta seu escore em determinando jogo e consequentemente apresenta uma melhora simbólica na função executiva ou habilidades comunicativas, como no caso do *Elevate*, seja porque cumpre sua meta diária liberando posteriormente desafios mais complexos. Na revisão sistemática realizada por [16] sobre a implementação do sistema de recompensa em intervenções gamificadas, os autores dialogam com a *Teoria do Self Determination* (SDT) para discutir as questões relacionadas com a motivação interna. Para os teóricos da SDT a motivação interna é completar uma atividade por satisfação e prazer. Este aporte tem como princípios a competência, a autonomia e a conexão/interação com outras pessoas.

Assim, a atitude de persistir que pode imergir no comportamento dos distintos perfis de jogadores talvez se relacione com a necessidade de se superar, de desenvolver novas competências, de se autorizar e por fim, se conectar e interagir com outros pares que estão em condições iguais ou superiores naquele universo de interação.

Contudo, a persistência também pode levar a fadiga afetando os resultados que muitas vezes são alcançados após várias tentativas, mas sem uma compreensão interna do processo que conduz a resposta ou caminho mais adequado.

Assim, considerando as contribuições teóricas aqui apresentadas e adotando uma perspectiva metodológica auto-etnográfica [2] que se constituiu na interação dos autores deste artigo com os aplicativos gamificados aqui evidenciados, analisamos os jogos que foram escolhidos por apresentarem padrões semelhantes que permitem estabelecer uma análise comparativa. É importante ressaltar que os autores já interajam com os referidos jogos há mais de três anos.

A análise tomou como referências as seguintes categorias: tempo, memória de trabalho.

4 ANÁLISE DOS JOGOS – TIDAL TREASURES (LUMOSITY) E VISUALIZATION (ELEVATE)



Figura 6: Tela do Jogo *Tidal Treasures*.

O primeiro jogo analisado foi o *Tidal Treasures* (Lembranças do Mar) do Lumosity. Esse jogo foi escolhido por estimular a MT e não considerar o tempo como fator determinante na realização da

tarefa. O cenário do jogo retrata uma praia onde o movimento das ondas através da maré alta e baixa revela itens na areia. Com a maré baixa você deve escolher um item, mas a maré alta faz com que os itens se misturem em diversas posições e apareçam não só os itens escolhidos como também, os novos itens. A cada nova tela você precisa clicar em um dos itens novos e logicamente lembrar dos itens escolhidos anteriormente para que não cometa o erro de clicar em algo já escolhido e finalize esta fase do jogo. Para tanto, precisa armazenar a informação de quais os objetos já foram selecionados anteriormente para não escolhê-los novamente e finalizar aquela etapa do jogo. O desafio acima exige que o jogador esteja o tempo todo armazenando informações transitórias na sua memória de trabalho, para que em um curto espaço de tempo, possa resgatá-las e continuar avançando no jogo. Cada vez que uma informação dessa é perdida ou esquecida, a sua pontuação cai levando-o ao game over.

Quadro 2 – Localização dos itens na tela

1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Garrafa	Coral	Água Viva	Água Viva	Água Viva
Leque	Estrela	Barco	Balão	Arraia
Siri	Madeira	Estrela	Estrela	Arraia 2
	Siri	Madeira	Planta	Caramujo
		Siri	Siri	Estrela
			Siri 2	Planta
				Siri

	Item da Rodada Anterior Acumulado
	Itens Novos na Rodada
	Item Escolhido na Rodada

Como pode ser visto no Quadro 2, a cada nova rodada a quantidade de itens aumenta em 1 elemento. O mesmo ocorre com os itens que são escolhidos ao longo das rodadas. Eles vão se repetindo, sendo acumulados no jogo, fazendo com que o jogador tenha que guardar o desenho desses itens na memória, para não se confundir e acabar clicando novamente em um deles, já que eles acabam se tornando maioria a cada rodada subsequente. Analisando os itens novos em cada rodada, é possível identificar que durante essas 5 rodadas, dos 15 itens novos, apenas 1 se repetiu (madeira), essa rotatividade de itens faz com que o jogador tenha que procurar de fato os itens novos, pois eles ainda não apareceram nenhuma vez anteriormente.

O jogo é composto de três fases. Na primeira fase os itens são bem distintos, mas nas outras duas fases os itens vão ficando bem similares, com características semelhantes nas cores e formatos, criando níveis de dificuldade para o jogador.

Métricas de Pontuação: A pontuação total do jogo (PT), representada na equação (1), é composta pelo somatório das pontuações de cada uma das três fases (P1, P2, P3), então, $PT = P1 + P2 + P3$. Na primeira fase cada item escolhido tem valor de 500 pontos. No final da fase há um acréscimo na pontuação com um bônus de 100 pontos para cada item escolhido, desta forma: $P1 = Kx500 + Kx100$, onde K representa a quantidade de itens certos. Na segunda fase o formato de pontuação é similar, mas a pontuação bônus para cada item é de 200 pontos, assim $P2 = Yx500 + Yx200$, onde Y representa a quantidade de itens certos. Na terceira fase o formato de pontuação também é similar, mas agora a pontuação bônus para cada item é de 300 pontos, assim $P3 = Wx500 + Wx300$, onde W representa a quantidade de itens certos. Realizando os algebrismos matemáticos podemos dizer que:

$$PT = P1 + P2 + P3$$

$$PT = [Kx500 + Kx100] + [Yx500 + Yx200] + [Wx500 + Wx300] \quad (1)$$

$$PT = [Kx600] + [Yx700] + [Wx800]$$

Observando este formato na função matemática da pontuação podemos ver que os valores dos bônus se somam aos valores principais de cada item, demonstrando que a presença da pontuação de bônus de certa forma é apenas um fator motivacional no final de cada fase, mas que poderia ser dispensada caso os valores dos itens fossem majorados.

A partir da interação com o game em 3 partidas completas foram feitas as análises sobre as pontuações e demais características do jogo:

Tabela 2 – Pontuações no *Tidal Treasure*

Interação	Pontuação	Qtd de Itens	
1	26400	1 ^a fase	16
		2 ^a fase	8
		3 ^a fase	14
2	10500	1 ^a fase	9
		2 ^a fase	5
		3 ^a fase	2
3	22600	1 ^a fase	4
		2 ^a fase	14
		3 ^a fase	13

Através dessas pontuações registradas é possível observar que a pontuação diferenciada nas fases subsequentes impactam diretamente no resultado final. Comparando a primeira e a terceira interação pode-se ver que o baixo score na 1^a fase da terceira interação é compensada nas demais fases. Mesmo pontuando pouco na primeira, a fase final foi compatível com a primeira interação onde o número de itens da primeira fase foi 4 vezes maior se comparada a primeira fase da terceira interação. Sendo assim, fica caracterizado que é melhor dar prioridade às fases cuja pontuação é maior, e que uma maior quantidade de itens na primeira fase pode não ser uma garantia para uma melhor pontuação total. Com base nesse aspecto, podemos supor que a interação com o jogo não estimula de certa forma a MT do jogador, já que os resultados apontam que o score melhor é na primeira interação quando ainda o usuário não está contaminado pelo ambiente e atento aos estímulos distratores.

Assim, podemos supor que a informação não fica armazenada por tempo suficiente para garantir escores significativos durante as três fases relativas a interação com o jogo (ver Tabela 2).

Observando o cenário que é disposto no jogo é possível identificar que o mesmo se constitui de uma matriz 5x7, onde os itens a cada nova tela ocupam células diferentes. Durante as interações com o jogo, foi analisada esta disposição dos itens nesta malha e com isso analisar que algumas células são mais

utilizadas. Observando cada tela, a organização dos itens nela, criando uma rede de possibilidades, foi possível elencar as seguintes situações que pode ser vista nos Quadros 3 e 4:

Quadro 3 – Localização dos itens na tela

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					

As células em vermelho A4, A5, B2, D3, E3, G1 são as células em vermelho, onde os itens mais aparecem durante o jogo, logo depois as células em amarelo, seguidas das células em verde.

Seguindo este mesmo raciocínio foi observado em quais células mais apareciam os itens novos, como pode ser visualizado no Quadro 4. Em verde estão as células onde os novos itens mais apareceram, seguidos do amarelo e do vermelho respectivamente.

Quadro 4 – Localização dos itens na tela

	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					

Considerando tal análise, é possível identificar durante o jogo que apesar da organização das telas serem randomizadas, há uma probabilidade maior dos itens novos se localizarem nestes espaços verdes conforme o Quadro 4. Seguindo este entendimento, podemos supor que o jogador pode contar com um dado novo para ajudar no registro dos itens já memorizados, isto é, a noção de uma região específica onde os itens novos aparecerão. Tal informação pode facilitar a conquista do objetivo e esta estratégia poderia de certa forma adicionar uma nova variável para a memorização da informação, contribuindo para retê-la por mais tempo.

O jogador precisa registrar e lembrar destas informações, mas caso não haja novas ativações da mesma experiência, haverá uma queda na curva da aprendizagem, tornando o processo de memorização mais lento, porque a memória de trabalho é transitória e explícita (também chamada de memória declarativa) [14]. Ao final de cada fase quando ocorre o erro e é selecionado um item já escolhido anteriormente é mostrado um *feedback* com a ordem das imagens escolhidas, como forma de garantir que aquele item já tinha sido escolhido outrora.

Outro ponto que deve ser considerado é o tempo. O jogo analisado não estabelece tempo para que o jogador vença o desafio apresentado. Segundo [1] que realizaram uma revisão sistemática sobre a importância do tempo na avaliação das

funções executivas e inteligência de crianças e adultos, “a contagem do tempo pode avaliar a capacidade de armazenamento de informações que um indivíduo registra, sintetiza e analisa”. Portanto, a ausência de tal controle nos jogos, especialmente aqueles que se propõem a estimular as funções executivas é fundamental para subsidiar a construção de evidências destes ambientes para o desenvolvimento cognitivo dos seus jogadores, na medida em que podemos avaliar o tempo em que a informação fica registrada na memória do jogador, possibilitando que sejam usadas nos contextos, implicando na solução do desafio.

O segundo jogo analisado foi o *Visualization* do *Elevate* que foi escolhido por ter um padrão semelhante ao anterior. O jogador tem o desafio de identificar os sinônimos de palavras escritas em inglês que aparecem em cima da tela enquanto abaixo são visualizadas imagens que correspondem as palavras que serão apresentadas ao longo da partida. O jogador deverá clicar na imagem que representa o vocábulo evidenciado. Aqui o desafio para quem não domina o inglês é maior, pois muitas vezes, inicia o jogo por tentativa e erro, mas pode ativar sua memória de trabalho para armazenar as palavras fazendo associações com as imagens, construindo um sentido mediado por um símbolo ou signo. Os verbetes se repetem durante todas as partidas, o que contribui para o armazenamento das informações corretas, já que o jogador recebe o *feedback* ao errar de qual é a resposta certa.

Contudo, a interface, o registro do tempo que você levou para responder, isto é, se foi rápido ou não, pode também gerar ansiedade que implicará em respostas rápidas que atendem a exigência do tempo, mas não o alcance do resultado ideal.

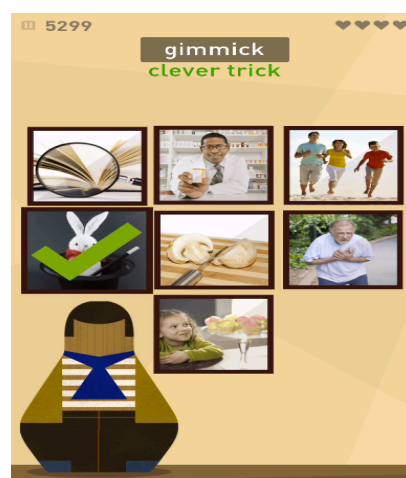


Figura 7: Tela do Jogo *Visualization*.

O *Visualization* é composto com 4 fases e para completá-las o jogador tem disponível 4 vidas que são perdidas, caso erre a relação entre sinônimo e imagem. A cada fase é aumentada a quantidade de imagens na tela que se inicia com 4 imagens e vai até a quantidade de 7 imagens como pode ser visto na Figura 7.

Ao concluir as imagens de cada fase que são apresentadas, o jogador vai liberando novos desafios a partir da representação da metáfora da Matrioska, boneca russa que reúne no seu interior outras bonecas em tamanho menores e proporcionais, que se encaixam umas nas outras.

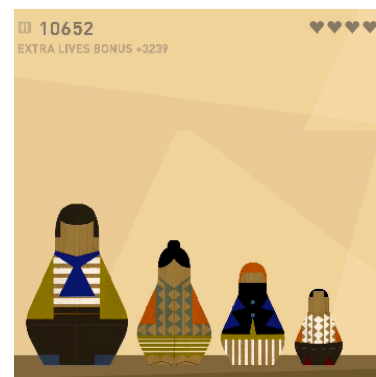
Da mesma forma que foi feita com o jogo *Tidal Treasure*, foram registradas as pontuações de algumas das interações realizadas no jogo *Visualization* do *Elevate*. Estas pontuações podem ser analisadas na Tabela 3.

Tabela 3: Pontuações do *Visualization*

Int ⁸	Fa se	T. de Pontos	Ponto Item Correto	Bônus de Velocidade	Palavras
3	1	0	324	0	<i>excruciating</i>
		324	324	30	<i>remedy</i>
		678	323	0	<i>convivial</i>
		1001	324	24	<i>gimmick</i>
	2	1349	0	0	
		1349	324	2	<i>slice</i>
		1675	324	15	<i>disgust</i>
		2014	323	0	<i>magnify</i>
		2337	324	0	<i>covet</i>
		2661	324	44	<i>motley</i>
		3029	0	0	
		3029	324	0	<i>disgust</i>
	3	3353	324	19	<i>convivial</i>
		3696	324	8	<i>gimmick</i>
		4028	324	0	<i>motley</i>
		4352	323	43	<i>excruciating</i>
		4718	324	26	<i>remedy</i>
		5068	0	0	
	4	5068	324	0	<i>gimmick</i>
		5392	324	10	<i>slice</i>
		5726	323	15	<i>remedy</i>
		6064	324	0	<i>convivial</i>
		6388	324	15	<i>magnify</i>
		6727	324	2	<i>excruciating</i>
		7053	324	37	<i>covet</i>
		7414	0	3239	
		10653	0	0	
7	1	0	328	0	<i>skillful</i>
		328	328	15	<i>despair</i>
		671	329	34	<i>convivial</i>
		1034	328	46	<i>affirmation</i>
	2	1408	0	0	
		1408	328	5	<i>slice</i>
		1741	329	27	<i>accurate</i>
		2097	328	39	<i>gimmick</i>
		2464	329	7	<i>disoriented</i>
		2800	328	50	<i>disgust</i>
	3	3178	0	0	
		3178	329	0	<i>skillful</i>

		3507	329	27	<i>convivial</i>
		3863	328	0	<i>disoriented</i>
		4191	328	29	<i>excruciating</i>
		4548	329	33	<i>despair</i>
		4910	329	35	<i>affirmation</i>
		5274	0	0	
		5274	328	0	<i>gimmick</i>
		5602	328	30	<i>disgust</i>
	4	5960	329	23	<i>convivial</i>
		6312	328	8	<i>accurate</i>
		6648	328	24	<i>slice</i>
		7000	329	43	<i>skillful</i>
		7372	328	46	<i>excruciating</i>
		7746	0	3285	
		11031	0	0	

Durante o processo de análise da pontuação, através das filmagens das interações feitas com o jogo, a primeira coisa que chamou a atenção foi o erro na pontuação final de uma das 9 interações. Observando o total de pontos da terceira interação na Tabela 3, pode-se ver que o somatório entre os pontos anteriores mais os bônus totalizam 10.653, porém a imagem disponível (Figura 8) acusa um total de 10.652.

Figura 8: Tela do Jogo *Visualization*.

Outra coisa percebida é que o valor dos bônus por cada item acertado pode variar conforme o tempo de resposta. Acertando um item de forma mais rápida se comparado ao tempo gasto no acerto de um item anterior, permite que se ganhe entre 2 a 50 pontos de bônus.

Percebemos também que a pontuação por item certo pode variar a cada interação. Na terceira interação, por exemplo, a pontuação por item era 323 ou 324, enquanto na sétima interação os valores atingiram 328 e 329. Analisando os motivos para que isso ocorra é necessário levar em consideração os seguintes aspectos: caso uma pessoa acerte todos os itens e tenha o menor tempo de resposta ela conseguirá a pontuação máxima. Caso isso ocorra novamente ela terá a mesma pontuação que na interação anterior. Dessa forma para que possa haver uma superação nas metas e pontuações é necessário que haja esta mudança nos valores de cada item ao longo das interações.

⁸ utilizamos as interações 3 e 7 por foram as de maior pontuação.

Analisando as ocorrências dos verbetes durante a interação podemos observar que a cada nova interação são inseridos 3 vocábulos novos. Observando as palavras que aparecem na terceira interação são elas: *excruciating*, *remedy*, *convivial*, *gimmick* apareceram 3 vezes e as palavras *slice*, *disgust*, *magnify*, *covet*, *motley* apareceram 2 vezes. Já na sétima interação as palavras *skillful* e *convivial* aparecem 3 vezes enquanto as palavras *despair*, *affirmation*, *slice*, *accurate*, *gimmick*, *disoriented*, *disgust*, *excruciating* aparecem 2 vezes. Na maioria das vezes as palavras que aparecem na primeira fase se repetem na terceira da mesma forma que as da segunda fase aparecem na quarta, acrescida de uma palavra da terceira fase. Analisando essa repetição dos verbetes em fases alternadas vê-se a importância da utilização da memória de trabalho como forma de guardar essa informação (verbo mais sua respectiva imagem) que em outro momento necessitará ser acessada.

5 PROPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS QUE PODEM CONTRIBUIR PARA O MODELO DE MÉTRICAS AVALIATIVAS QUE GARANTAM A EVIDÊNCIA DE MELHORIA NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS EM JOGOS VOLTADOS PARA A ESTIMULAÇÃO DAS FE

Após a observação das diversas interações com os dois jogos, elencando as variáveis presentes nos mesmos, contidas aqui no Quadro 4, surge o questionamento de como estas variáveis podem ser capazes de garantir as contribuições dos jogos para as funções executivas.

Quadro 5 – Resumo dos Jogos

Aspectos	<i>Tidal Tresures</i>	<i>Visualization</i>
Tempo de interação para vencer o desafio	Em média 4 minutos	Em média de 60 segundos
Controle de tempo	Não tem	Implícito
Quantidade de variáveis	1 = imagem	2 = Verbo + imagem
Sistema de <i>feedback</i>	No final de cada fase é mostrada a ordem dos itens que foram escolhidos	No final de cada fase é mostrada a ordem dos itens que foram escolhidos
Sistema de recompensa	Cada acerto gera uma pontuação e ao final de cada fase é gerado um bônus considerando o total de acertos nos itens	Quando acerta recebe pontos por cada item certo e bônus extra por velocidade de resposta

No jogo *Tidal Treasure*, a falta da contagem do tempo de forma implícita ou explícita dá uma liberdade ao jogador, mas como foi discutido anteriormente por [1] o tempo é uma variável importante de ser analisada, fato este que é considerado fortemente pelo jogo *Visualization*, ao ponto de bonificar com mais pontos aqueles que responderem de forma mais rápida e correta os itens exigidos pelo desafio proposto.

No *Visualization* a memorização dos vocábulos associados as imagens é potencializada pela repetição destes pares (imagens + vocábulos) durante todas as partidas, possibilitando o registro. Contudo, é fundamental acompanhar se esses registros armazenados para além da memória transitória se consolidam contribuindo para aprendizagem da língua. Isso não ocorre no *Tidal Treasure* que apenas utiliza imagens que nas fases mais avançadas ainda apresentam imagens bem similares que podem confundir o jogador.

O fato do *Elevate* possuir um pré-teste é um diferencial para o usuário, pois já é criado um perfil inicial a ser trabalhado na busca de melhorias, enquanto no *Lumosity* esse pré-teste, chamado de calibração, ocorre dentro do próprio jogo durante as interações iniciais possibilitando uma forma de comparação entre os estágios, porém essa comparação só é disponível na versão PRO.

Algo que poderia agregar mais valor aos ambientes, especialmente ao *Lumosity*, já que o *Elevate* já faz isso, e dá maior confiabilidade para o usuário são mais informações sobre o jogo e suas reais contribuições para a melhoria das habilidades cognitivas. Iniciar um jogo sabendo quais habilidades estão sendo trabalhadas, como é realizado este *feedback*, como funciona o sistema de pontuação são coisas importantes a serem consideradas. Por exemplo, o erro que ocorreu na pontuação do *Visualization* e as mudanças no valor de cada item acabam descredibilizando o aplicativo, pois você deixa de confiar se está realmente sendo pontuado da forma correta e que não está havendo mudança nas regras durante o percurso do jogo.

Assim, considerando a análise aqui apresentada propomos que como aspectos essenciais para a construção de um modelo de avaliação considerar se o jogo voltado para a estimulação das FE ou no caso dos *digital brain games* apresentam: a) sistema de *feedback*, possibilitando clareza das informações para o jogador, isto é, o que se espera dele, bem como orientando o seu trajeto no ambiente do jogo subsidiando suas ações b) definição clara do tempo para concretização do desafio proposto; c) quantidade de variáveis relacionadas com a missão, considerando que a aprendizagem se dá a mediante o estabelecimento de relações, mediação de símbolos, por exemplo; d) sistema de recompensa que mantenha o jogador motivado e engajado no processo de exploração, imersão e diversão, contribuindo para a estimulação das FE.

Acreditamos que estes aspectos são fundantes quando pensamos nos elementos que constituem um jogo, independente do seu suporte.

6 CONCLUSÃO

Como foi discutido neste artigo, comprovar a plasticidade cognitiva daqueles que interagem com os *brain games* é algo complexo que depende de grandes estudos e rigor metodológico na busca de evidências que corroborem as melhorias das funções executivas, das habilidades cognitivas e não-cognitivas.

Os jogos digitais de maneira geral podem contribuir para superar as limitações cognitivas, tornando-se ambientes adaptativos de aprendizagem, fornecendo *feedbacks* contínuos para avaliar e reavaliar o progresso do jogador. Mas o tempo de interação deve ser controlado e acompanhado a fim de possibilitar evidenciar as contribuições efetivas destes ambientes para a estimulação das funções executivas. [17] referencia a pesquisa de Wang et al. que ilustram a importância do controle do tempo de interação. Os resultados da investigação indicaram que sessões espaçadas de interação com os jogos podem ser mais eficientes para aprender.

Assim, reafirmamos a necessidade da realização de investigações que evidenciem as contribuições dos jogos digitais e

especialmente os denominados brain games para estimular as FE.

Através das análises feitas dos aplicativos *Lumosity* e *Elevate* é possível constatar que ainda há uma falta de indícios e indicadores através de publicações e outros estudos que comprovem a eficácia desses ambientes. Este estudo deixa como contribuição a análise dos jogos *Tidal Trespure* e *Visualization* apontando métricas, variáveis e aspectos que podem ser consideradas tanto no processo de desenvolvimento destes aplicativos como também na coleta de feedbacks dos usuários, pois são os principais indícios para a comprovação da eficácia destes ambientes digitais.

Ressaltamos ainda que os jogos do *Lumosity* e *Elevate* podem se constituir ambientes interessantes para analisarmos mecânicas clássicas de jogos casuais para fomentar críticas e processos de criação não apenas de novos *digital brain games*.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Ferreira, D. Zanini. A Importância do Tempo na Avaliação da Função Executiva e Inteligência de Crianças e Adultos. Cadernos De Pós-Graduação Em Distúrbios Do Desenvolvimento. São Paulo, V.13, N.2, P. 48-62, 2013.
- [2] C. Ellis, T. Adams and A. Bochner Autoethnography: An Overview [online] Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 12 (1), Art. 10. 2010. Disponível na URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs1101108> . Acesso 24 mai. 2016.
- [3] J. Shute, M. Ventura. The Power Of Play: The Effects Of Portal 2 And Lumosity On Cognitive And Noncognitive Skills. Computers & Education 80, 2015.
- [4] S. Zickefoose, K. Hux, J. Brown, & K. Wulf. Let The Games Begin: A Preliminary Study Using Attention Process Training-3 And Lumositytm Brain Games To Remediate Attention Deficits Following Traumatic Brain Injury. Brain Injury, 2013.
- [5] S. Mitroff, & A. Biggs. The ultra-rare-item effect: Visual search for exceedingly rare items is highly susceptible to error. Psycho-logical Science, 25, 284–289, 2014. Disponível na Url: <http://pss.sagepub.com/content/early/2013/11/22/0956797613504221full.pdf>. Acesso 20 mai. 2016
- [6] J. Piaget. A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho imagem e representação, Rio de Janeiro: Zahar, 1978.
- [7] L. Vygotsky. A formação Social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Org. Michael Cole...[et al.]; São Paulo, Martins Fontes, 1994.
- [8] M. Oliveira. Vygotsky – aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1997.
- [9] J. Anguera, J. Boccanfuso, et al. Video Game Training Enhances Cognitive Control In Older Adults. In: Nature. Set. 2013. Vol. 501, P. 97-101 Disponível Na Url: <http://www.nature.com/Nature/Journal/V501/N7465/Full/Nature12486.html>. Acesso 02 Mar. 2016
- [10] D. Nakano. Elevate Effectiveness Study. 2015. Disponível Na Url: https://www.elevateapp.com/assets/docs/Elevate_Effectiveness_October2015.pdf . Acesso 1 Abr. 2016.
- [11] J. Malloy-Diniz, M. Sedo, D. Fuentes, W. Leite. Neuropsicologi A Das Funções Ejecutivas. Em Fuentes, D.; Malloy-Diniz, L. F.; Camargo, C. H. P.; Cosenza, R. M. (Orgs.), Neuropsicologia: Teoria E Prática. Porto Alegre: Artmed, P. 187-206, 2008.
- [12] A. Diamond, W. Barnett, J. Thomas, S. Munro. Preschool Program Improves Cognitive Control. Science. 318(5855):1387-8, 2007.
- [13] J. Vasconcelos. Funções Executivas E Resolução De Problemas Aritméticos. In: Valle Lelr, Capovilla, Fc Orgs. Temas Multidisciplinares De Neuropsicologia E Aprendizagem. Ribeirão Preto: Novo Conceito; P.475-85, 2011.
- [14] R. Cosenza, L. Guerra. Neurociência E Educação – Como O Cérebro Aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- [15] K DiCerbo. Game-Base Assesment of persistence. Educational Technology & Society, 17 (1), 17-28, 2014
- [16] H Lewis, M. Swartz, E. Lyons. What's the point?: A review of reward systems implemented in gamification interventions. Games for Health journal: research, development, and clinical applications. Volume 5, Number 2, P. 93-99s, 2016.
- [17] G. Band, C. Basak, H. Slagter, M. Voss. Editorial: Effects of game and gamelike training on neurocognitive plasticity. Frontiers in Human Neuroscience. March, Volume 10. Article 123.p. 1-3, 2016.