

Uma Proposta de Aplicação do Método Analytic Hierarchy Process (AHP) na Construção de um Instrumento de Avaliação das Contribuições dos Jogos Digitais Educacionais

William Santos^{1*}Lynn Alves^{1,2 †}¹ Centro Universitário Senai Cimatec, Programa de Pós-Graduação, Brasil² Universidade da Bahia, Departamento de Educação, Brasil

RESUMO

Nas duas últimas décadas, a busca por métodos de como avaliar e trazer evidências da efetiva contribuição dos jogos digitais educacionais tem se tornado foco das pesquisas que envolvem jogos digitais e aprendizagem. No intuito de contribuir com esta discussão, este artigo traz uma aplicação do método AHP como um ponto de partida na construção de um instrumento de avaliação que busca analisar a estimulação das funções executivas de um jogador modelo que interage com o *Gamebook* Guardiões da Floresta. Como conclusão, podemos perceber que aferir a melhoria na aprendizagem dos jogadores através da interação com um jogo digital é uma tarefa desafiadora diante da complexidade deste processo, e que o método AHP pode contribuir para este fim de avaliação, já que possibilita a mensuração de variáveis qualitativas e quantitativas que podem estar envolvidas nas métricas avaliativas e no instrumento de avaliação de um jogo digital.

Palavras-chave: Avaliação de Jogos Digitais, Aprendizagem, Método AHP.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, os jogos digitais vem ganhando destaque e popularidade na sociedade sendo considerados agentes mediadores da aprendizagem e do desenvolvimento cognitivo, a exemplo do *Project Evo*, como cita [2]. Empresas como a *Lumos Labs*, criadora do aplicativo de treinamento cerebral *Lumosity* (que atualmente tem cerca de 70 milhões de usuários no mundo), tem desenvolvido jogos cujos objetivos são de estimular habilidades cognitivas, e isso vem atraindo cada vez mais adeptos que buscam potencializar habilidades cerebrais como memória, atenção, resolução de problemas, etc.

Apesar da grande aceitação destes aplicativos por parte da população, as empresas que desenvolvem tais aplicativos não apresentam dados que confirmem que a interação com seus aplicativos tem trazido melhorias para seus usuários, como é abordado no estudo [2]. Tal fato fez com que a Comissão Federal do Comércio dos Estados Unidos, multasse a *Lumos Labs* em 2 milhões de dólares por propaganda enganosa, já que a empresa não tinha como garantir que a interação com seus jogos ajuda na melhoria cognitiva ou no atraso do prejuízo cognitivo dos mais idosos.

Embora as finalidades do *Lumosity* até certo ponto serem diferenciadas dos jogos digitais educacionais, este exemplo tem feito com que a comunidade envolvida com o desenvolvimento dessas mídias busque elementos e evidências que possam comprovar as efetivas contribuições das interações com estes artefatos culturais.

*e-mail: william.tenor@gmail.com

†e-mail: lynn.alves@gmail.com

Já existem pesquisas que apontam a utilização de métodos de avaliação¹ das aprendizagens através de jogos digitais, como por exemplo, a Taxonomia Bloom e o Modelo ARCS (atenção, relevância, confiança e satisfação) de Keller, entretanto os resultados alcançados apesar de demonstrar algumas potencialidades dos jogos digitais ainda são considerados incipientes por não apresentarem resultados de cunho quantitativo que comprovem sua eficácia.

Por esse motivo, cada vez mais pesquisadores como [3], [9], [17], entre outros, tem se debruçado na busca de um modelo avaliativo de jogos digitais educacionais que seja capaz de apontar com certo grau de confiabilidade aspectos qualitativos e quantitativos do nível de contribuição que um jogo digital educacional pode proporcionar no desenvolvimento cognitivo daqueles que interagem com ele.

Por fim, este artigo tem o objetivo de contribuir para esta área de pesquisa demonstrando o processo inicial da construção do modelo avaliativo que vem sendo utilizado no *Gamebook* Guardiões da Floresta.

2 A AVALIAÇÃO DOS JOGOS DIGITAIS EDUCACIONAIS

Inicialmente, a concepção de avaliação nos jogos digitais perpassa pelo desempenho do jogador através da conquista das metas estabelecidas pelo jogo, onde se o jogador alcançar determinada meta é um *feedback* de que ele tem direito a acessar a próxima fase e que está evoluindo nos níveis, onde as métricas avaliativas se referem ao andamento do jogador nas etapas que ele precisa passar.

Porém, no contexto dos jogos digitais voltados para cenários educacionais, a concepção de avaliação vai além dessa perspectiva. Enquanto um jogo digital tem como objetivo entretenimento e lazer, um jogo educacional tem como objetivo principal a aprendizagem.

Portanto, avaliar um jogo educacional é muito mais que classificar o andamento do jogador, seu rendimento e o cumprimento das metas estabelecidas, mas tentar qualificar as contribuições deste jogo e as modificações destas variáveis e suas relações com o processo de ensino e aprendizagem. Por esse motivo, a avaliação de jogos digitais educacionais se torna uma tarefa mais complexa que deve analisar de que forma estas variáveis e elementos, como por exemplo o aumento na pontuação de um determinado jogo, pode evidenciar as contribuições dos jogos digitais educacionais no processo de aprendizagem.

Para [13], avaliar os jogos digitais educacionais depende da definição de processos através de recursos confiáveis que sejam de fácil utilização para os educadores, de forma a permitir o estabelecimento de garantias da eficácia dos jogos digitais como mediadores do processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, [3] aponta em seus estudos que ainda não foi encontrado um método geral ou um processo completo que seja capaz de avaliar a efetiva contribuição da interação com os jogos digitais educacionais.

¹É importante ressaltar que estes métodos não foram desenvolvidos com a finalidade de avaliar as contribuições jogos digitais educacionais para o processo de ensino e aprendizagem, mas tem sido amplamente adaptados e utilizados para estes fins.

Nas tentativas de avaliar as contribuições dos jogos digitais, pesquisadores como [6] e [4] tem utilizado testes externos ao ambiente do jogo, como filmagens, observação, questionários aplicados antes e depois da interação com os jogos, enquanto outros como [1] optam também por utilizar instrumentos avaliativos internos onde algoritmos computacionais armazenam os passos e ações do jogador durante as interações e os comparam, permitindo a geração de relatórios com tais dados estatísticos.

Ao analisar os resultados destas avaliações, autores como [21] apontam algumas limitações quanto o fato destas avaliações serem de cunho qualitativo. Para este autor, tais pesquisas envolvendo avaliações de jogos digitais não apresentam grande fiabilidade em seus dados gerando lacunas no seu progresso metodológico pelo fato de que muitas acabam não destacando sua validade interna, externa e transacional, além de que se deve considerar que as pesquisas qualitativas buscam descrever e compreender um fenômeno, e não explicá-lo ou fazer previsões como aborda [12].

2.1 Trabalhos Correlatos

Como lócus de pesquisa utilizamos a Trilha de Cultura do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital. Esta trilha teve sua criação no ano de 2007, e em 2016 alcançou a marca de 449 artigos publicados entre *full e shorts papers*. Através de uma pesquisa utilizando os títulos das obras, foram selecionados os trabalhos que continham o descritor "avaliação". Como resultado desta pesquisa foi obtida a Tabela 01.

Tabela 1: Produção Trilha de Cultura do SBGames

Ano	Quantidade de Artigos	Artigos sobre Avaliação
2007	11	0
2008	26	0
2009	56	0
2010	34	0
2011	38	0
2012	33	0
2013	32	1
2014	55	0
2015	70	5
2016	94	3
TOTAL	449	9

Fonte: Autores

Ao observar esses dados é possível notar que a partir do ano de 2013 a temática sobre avaliação dos jogos e suas contribuições no processo de ensino e aprendizagem começam a ser aprovados no evento. Tal ocorrência pode ter relação com o fato de que no Brasil no ano de 2013 a produção de jogos educacionais que se equiparou aos jogos de entretenimento com índices de 43,8% e 49,3% respectivamente, como cita [8]. Essa grande produção de jogos digitais para cenários educacionais acaba exigindo comprovações da eficácia dessas mídias no processo de aprendizagem, como forma de dar uma maior credibilidade e segurança sobre as contribuições que a interação com jogos digitais pode proporcionar à aprendizagem.

Para esta análise foram lidos na íntegra os nove artigos que abordam avaliação de jogos digitais. O primeiro trabalho analisado foi o de [4] que avaliou a contribuição de um jogo que foi desenvolvido para abordar a educação nutricional para alunos entre 13 e 17 anos. Através da utilização de pré e pós-teste com um questionário semi-estruturado foi constatado que houve um aumento de 12% nos acertos do pós-teste. Segundo as autoras, o jogo proporcionou o contato com conceitos a cerca da alimentação saudável de forma mais interativa e participativa, auxiliando os alunos a identificar quais alimentos são saudáveis e não saudáveis.

As pesquisas de [13] e [20], apresentam propostas de *frameworks* para avaliação da aprendizagem por meio dos jogos digitais educacionais. Segundo [13], o próprio jogo pode gerar informações sobre as aprendizagens dos alunos-jogadores, com base nos dados coletados, através de um *framework* bem modelado, mas um bom sistema de avaliação não deve impactar negativamente o fluxo e a diversão do jogo, não sendo algo invasivo. Para este mesmo autor, durante o jogo, deve ser fornecido um *feedback* imediato que permita ao aluno refletir sobre seu erro, pois caso haja um erro ele precisa saber que este aconteceu para que não siga com um entendimento incorreto, que pode ocasionar novos erros nas próximas etapas. Para [20], uma das formas de evidenciar a aprendizagem através dos jogos digitais é utilizando um *framework* conceitual que viabilize a avaliação formativa dentro de uma seção de jogo, através do acompanhamento e avaliação.

Outro ponto sinalizado pelos autores de [13] e [20], é que a coleta de dados e a avaliação implementada dentro do próprio jogo permite melhores aferições e resultados através da geração dos relatórios com todas as variáveis pertinentes àquela aprendizagem, e tais relatórios podem ser analisados pelos professores levando-os a uma melhor avaliação da aprendizagem por meio dos jogos digitais.

No estudo de [14] foi apresentado uma metodologia para desenvolvimento de jogos digitais didáticos através dos sete passos para o desenvolvimento de competências de [10], são eles: Contextualização e Mobilização; Definição da Atividade de Aprendizagem; Organização da Atividade de Aprendizagem; Coordenação e Acompanhamento; Análise e Avaliação da Atividade de Aprendizagem; Outras Referências; Síntese e Aplicação. Segundo este autor, esta metodologia é bem flexível, podendo se adaptar ao contexto e complexidade do desenvolvimento de jogos digitais educativos.

Já no estudo de [18], é apresentada uma taxonomia de avaliação que auxilia os professores na escolha de jogos para o ensino de programação de computadores a partir dos fins de aprendizagem que eles desejam. Foram determinados três tipos de categorias, nos quais os jogos seriam classificados como: Tipo 1 - Movimentação de avatares através de um programa; Tipo 2 - Avaliação imediata do código produzido; Tipo 3 - Criação de avatares autônomos. Dentro destas categorias os jogos seriam subdivididos pelo nível de maturidade, plataforma, competitividade e habilidades. Juntamente com esta taxonomia os autores apresentam 27 jogos que foram desenvolvidos para o ensino de programação, disponíveis na internet que foram classificados seguindo esta taxonomia. Para estes autores, esta taxonomia facilitou bastante o processo de escolha dos jogos pelos professores, já que esta classificação leva em consideração aspectos importantes para aqueles que lecionam a disciplina de programação.

Nos estudos [6] e [7] são avaliadas as contribuições de jogos digitais desenvolvidos para o ensino da matemática. Os autores de [6] utilizaram um jogo em realidade aumentada que abordava o assunto de pontos no plano cartesiano. Após a interação dos alunos com o jogo, foi aplicado um questionário de avaliação com perguntas de caráter qualitativo, como por exemplo, se o jogo era divertido, se era fácil de jogar e se o jogo os ajudou a compreender os conceitos. Como resultados, foi considerado pelos alunos que jogo era considerado divertido e parcialmente de fácil entendimento, além de ser um bom modo de praticar o que foi aprendido previamente em aula.

Já o trabalho de [7], trouxe uma avaliação sobre um jogo que foi desenvolvido para abordar os conceitos sobre geometria. O modelo de avaliação utilizado foi o de [17] que avalia a motivação, a experiência do usuário e a aprendizagem. Segundo os autores, a avaliação do jogo apresentou como índices de aprovação 75% na motivação, 92% na experiência e 76% na aprendizagem. Através destes indicadores os autores puderam constatar que os alunos consideraram que o jogo auxiliou a aprendizagem e que os estimulou a conhecer mais a matemática. Os autores também sinalizaram que o jogo por si só não foi suficiente para ensinar a geometria para os

alunos, mas no entanto, o jogo aliado ao conhecimento teórico da disciplina dada em sala de aula poderá ajudar os alunos a assimilar o conteúdo proposto pelo jogo.

No trabalho [2], os autores discutem sobre as métricas avaliativas dos *digital brain games Elevate e Lumosity*. Segundo os autores, os *brain games* vem ganhando bastante evidência no mercado pela fato de oferecerem através dos seus jogos estímulos para melhoria das funções cognitivas. Na conclusão deste trabalho, após investigarem as variáveis envolvidas no processo de pontuação de dois jogos que estão disponíveis nesses aplicativos e analisarem trabalhos correlatos sobre *digital brain games*, os autores apontam que ainda há uma falta de indícios e indicadores sejam eles através de publicações ou de outros estudos que comprovem a eficácia dessas mídias no desenvolvimento das funções cognitivas.

O último estudo analisado foi o de [19] que aborda o desenvolvimento e avaliação de um jogo educativo sobre a história da cidade de Marabá-Pa. Seu processo de avaliação contou com um questionário de caráter qualitativo aplicado com alunos do oitavo ano. Os resultados obtidos sinalizaram que 98% dos alunos gostaram do jogo e que 84% disseram que o jogo auxilia na aprendizagem e segundo seu autor, o jogo foi considerado um grande aliado na transmissão de conteúdos educacionais.

Através da leitura destes nove trabalhos é possível identificar que as pesquisas apresentadas se caracterizam pelo seu aspecto qualitativo. É possível notar que elas buscam avaliar o ponto de vista que os alunos tem sobre os jogos, se os jogos os agrada, os motiva e se eles acreditam que os jogos podem ajudá-los a aprender, porém tais respostas positivas de certa forma não trazem garantias absolutas das contribuições dos jogos digitais educacionais para o processo de aprendizagem, corroborando com a crítica à cerca da falta de fiabilidade encontrada em pesquisas qualitativas.

Dos trabalhos que apresentam modelos de *framework* é confirmado que a melhor aceitação por parte dos autores é aqueles que permitem com que a coleta de dados seja feita dentro do próprio jogo durante a interação. Um exemplo disso é a plataforma *Ludens*² que pode registrar o tempo de resolução de um desafio, taxa de leitura, quantidade de interações etc e gerar relatórios, com dados da performance do jogador. Esses dados podem permitir a construção de pesquisas de base mista (qualitativas e quantitativas) que são apontadas por [11] como aquelas que poderiam contribuir de forma mais completa para a validação da importância dos jogos digitais no desenvolvimento cognitivo, pois como aponta [3], sem tem a impressão que faltam medidas e provas estatísticas que permitam determinar a eficiência e a eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais.

A falta dessas medidas é o que foi apontado pelos autores de [2], como a grande dificuldade para o levantamento de evidências que possam comprovar as contribuições que os jogos digitais podem proporcionar à aprendizagem. Por motivos como esse, um dos focos nas pesquisas que envolvem avaliação de jogos digitais é a criação de algoritmos computacionais que sejam capazes de interpretar essas medidas contidas nos instrumentos de avaliação que estão embarcados nos jogos digitais. Para tanto, é necessário que estes instrumentos sejam bem calibrados de forma com que eles possam fornecer dados que permitam uma interpretação significativa das variáveis envolvidas no processo e estes possibilitem a geração de dados capazes de comprovar o aporte que os jogos digitais podem proporcionar para o desenvolvimento cognitivo daqueles que interagem com estas mídias.

3 O ESTUDO DE CASO NO GAMEBOOK GUARDIÕES DA FLORESTA

Segundo [9], o *Gamebook* Guardiões da Floresta (GGF) consiste em ser uma mídia híbrida com elementos de *game* e de *appbook*

²<http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/ludens/index.php/site/sobre/>

(livro com narrativa interativa), que objetiva estimular as Funções Executivas (FE) em crianças na faixa etária de 8 a 12 anos. Neste jogo, o aluno terá que auxiliar os personagens a proteger a Floresta Amazônica da devastação provocada por uma fábrica. Para isso, o jogador precisa solucionar problemas que lhe são apresentados em minigames que exigirão a estimulação das suas funções executivas.

3.1 Funções Executivas e Minigames

Segundo [15], as funções executivas são um conjunto de habilidades requisitadas para formular novos planos de ação e sequências apropriadas de respostas orientadas a um determinado objetivo. Para [1] as funções executivas³ são classificadas e se caracterizam como:

- 1) Planejamento (FE-01) - capacidade de estabelecer a melhor maneira para alcançar um objetivo.
- 2) Memória de Trabalho (FE-02) - habilidade de reter temporariamente uma informação na mente.
- 3) Flexibilidade Cognitiva (FE-03) - habilidade de alternar o curso de ações ou pensamentos de acordo com exigências solicitadas.
- 4) Controle inibitório (FE-04) - habilidade para inibir respostas prepotentes ou reações estímulos distratores.
- 5) Categorização (FE-05) - habilidade de organizar elementos em categorias específicas.
- 6) Atenção Seletiva (FE-06) - habilidade de selecionar parte dos estímulos disponíveis.

No GGF o jogador poderá interagir com oito minigames (MG). Cada minigame foi desenvolvido com o intuito de trabalhar determinadas funções executivas, conforme pode ser observado na Tabela 02.

Tabela 2: Minigames e Funções Executivas

Minigame	Objetivo	(FE)
Vitória Régia (MG-01)	Identificar e mover do canto para o centro da tela, peças com a posição similar em um determinado tempo	(FE-06)
Replanteio (MG-02)	Fazer o replanteio de árvores, seguindo uma sequência correta quanto o tipo de planta	(FE-02)
Flor da Lua (MG-03)	lembrar a posição das flores iguais quando as caixas são fechadas	(FE-02)
Jaulas (MG-04)	Clicar com o mouse no tempo e local correto para que as jaulas sejam abertas e os animais sejam libertados	(FE-02) (FE-04)
Cartas (MG-05)	Relacionar vários tipos de cartas com seus respectivos decks	(FE-02) (FE-06)
Escondidos (MG-06)	Manter o foco em um determinado personagem, só podendo clicar sobre ele enquanto vários outros aparecem na tela	(FE-04) (FE-06)
Tubulações (MG-07)	Formar um melhor caminho com pedaços de tubos	(FE-01) (FE-02)
Fábrica (MG-08)	Movimentar peças em um sistema mecânico, a partir de estímulos visuais recebidos	(FE-01) (FE-06)

Fonte: Adaptado de [9]

³Segundo [5], o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva se constituem o *core* das funções executivas.

3.2 A Utilização do AHP no Instrumento de Avaliação do Gamebook

O processo de avaliação no GGF está em sua terceira etapa. A primeira etapa se constituiu na concepção de um *framework* que permitisse o armazenamento de dados e na interpretação deles tendo como base as interações dos jogadores. O segundo momento se constituiu na construção do ambiente em que seria apresentado os *feedbacks* avaliativos e o usuário tivesse acesso ao acompanhamento das melhorias das suas funções executivas. A terceira etapa, alvo deste artigo, é a implementação das etapas anteriores como forma de trazer melhorias para o processo avaliativo, considerando aspectos que foram evidenciados durante os períodos de testes com alunos.

Uma das melhorias buscadas é a emissão de relatórios com dados estatísticos que possam demonstrar o desempenho do usuário e a relação desse desempenho com cada uma das funções executivas. Para isso, se buscou definir e discutir métricas que pudessem revelar esta relação de forma a permitir aos profissionais que atuam diretamente com crianças com *déficit* nas funções executivas dados estatísticos sobre a mediação e a contribuição do *gamebook* neste processo de melhoria destas funções.

Com o intuito de alcançarmos este objetivo, a primeira implementação no sistema avaliativo do *gamebook* diz respeito as funções executivas que compõem cada minigame. Na primeira etapa do desenvolvimento do GGF, foi solicitado que três neuropsicólogas identificassem quais funções executivas estavam sendo contempladas em cada um dos oito minigames. Juntamente com isso elas atribuíram uma porcentagem para cada função executiva pertencente àquele minigame. Como resultado foi obtido o seguinte gráfico, que está disponível no estudo [1].

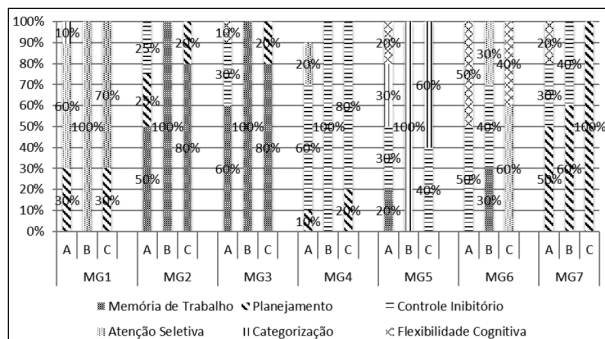


Figura 1: Funções Executivas nos Minigames

É possível observar que os valores estimados pelas especialistas levam em consideração a *background* teórico de cada uma delas, cujos critérios utilizados não são bem definidos e que podem divergir entre as especialistas, já que cada uma pode utilizar um critério diferenciado para estimar as porcentagens. Por exemplo, na avaliação do minigame 01 pelo avaliador A, é atribuído os valores de 10%, 30% e 60%. Porém, como é possível garantir que estes valores correspondem a exatamente esta proporção em cada uma das funções executivas presentes no minigame? Existe uma grande variabilidade de possibilidades existentes entre os números 1 e 100%, porém é mais comum que se atribuam valores mais simples e arredondados, e que de certa forma podem gerar imprecisões em um contexto de avaliação.

Uma das formas de refinar este processo de atribuição de um peso ou uma porcentagem e ter esta garantia matemática no que diz respeito a estes quantificadores das funções executivas é utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP).

O método AHP é considerado como uma técnica para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha.

Este método avalia a importância relativa entre vários critérios, comparando-os, e classificando-os em um *ranking* geral de alternativas.

Segundo [16], a utilização deste método permite uma comparação paritária baseada tanto em aspectos qualitativos como em aspectos quantitativos, como por exemplo, experiência, intuição e dados físicos.

Esta comparação par a par dos critérios utiliza uma escala de normalização cuja graduação está entre os números 1 a 9, com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância entre esses níveis 1 e 9, conforme pode ser visto na Tabela 03.

Tabela 3: Classificação de Intensidade AHP

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de [16]

O julgamento entre as variáveis se dá a partir das respostas de duas perguntas: 1) Qual dos dois elementos é o mais importante? 2) Com que intensidade, usando a escala de 1-9 este elemento é mais importante?

Com o intuito de implementar esse processo de quantificação das funções executivas, a neuropsicóloga que faz parte do grupo de desenvolvimento do jogo, convidou especialistas da área de neuropediatria para participar deste processo. Esses profissionais, denominados neste artigo de "juizes", atuam no atendimento a crianças com *déficit* das funções executivas em um hospital universitário.

Inicialmente coube aos juizes validar se cada minigame produzido contemplava as funções executivas que foram estabelecidas. Para isso, após a interação dos mesmos com os minigames foi solicitado a cada um o preenchimento de um questionário utilizando

uma escala⁴ de 1 a 6, indicando o número 1 para aquela função muito pouco contemplada nos minigames, enquanto o número 6 seria utilizado para as funções que são totalmente contempladas nos minigames. Caso o juiz avaliasse que aquela função não estava contemplada, deixaria o questionário em branco. A Tabela 04 traz o resultado das médias dos juízes envolvidos nesta etapa.

Tabela 4: Pontuação dos Minigames - Média dos Juízes

Minigame	(FE-01)	(FE-02)	(FE-03)	(FE-04)	(FE-05)	(FE-06)
(MG-01)	4	5	4	4	3,5	6
(MG-02)	5,5	5,5	6	5	4,5	5,5
(MG-03)	4	5,5	5,5	6	1	6
(MG-04)	5	4	3	6	1	6
(MG-05)	3,5	5,5	4,5	5,5	6	6
(MG-06)	5	5	6	6	2,5	6
(MG-07)	6	5,5	5,5	6	4	5,5
(MG-08)	3,5	5	4	3	2	3

Fonte: Autores

Através desta avaliação foi possível notar que os juízes desta etapa também sinalizaram que um minigame apesar de ter sido pensado para evidenciar uma função específica, ele pode conter aspectos de outra função. O fato de um minigame contemplar várias funções executivas confirma a necessidade da utilização do método AHP, para estabelecer de forma confiável uma métrica de comparação entre os pesos de cada uma das funções executivas envolvidas nos minigames. Isso permitiria uma calibração do instrumento de avaliação que será utilizado e que permitirá a comparação dos dados iniciais das funções executivas com os dados das recorrentes interações, de forma a gerar gráficos ao longo do tempo que demonstrem a estimulação destas funções executivas e o nível de vínculo atribuído a quantidade de interações com o gamebook.

De posse desta tabela, foi necessário a conversão dos valores da escala de valor máximo em 6 para valor máximo em 9 que é a escala compatível com o método AHP, conforme a Tabela 05.

Tabela 5: Pontuação dos Minigames - AHP

Minigame	(FE-01)	(FE-02)	(FE-03)	(FE-04)	(FE-05)	(FE-06)
(MG-01)	6	8	6	6	5	9
(MG-02)	8	8	9	8	7	8
(MG-03)	6	8	8	9	2	9
(MG-04)	8	6	5	9	2	9
(MG-05)	5	8	7	8	9	9
(MG-06)	8	8	9	9	4	9
(MG-07)	9	8	8	9	6	8
(MG-08)	5	8	6	5	3	5

Fonte: Autores

Com esses novos valores já seria possível utilizar o método para comparar as funções executivas. Em todos os minigames foi utilizado o mesmo procedimento, porém optaremos em demonstrar com apenas um deles, já que tal procedimento é análogo aos demais. O minigame escolhido aleatoriamente foi o Replântio (MG-02). Observando os valores obtidos pelas avaliações dos juízes, as funções executivas apresentam pontuação entre 7 e 9 pontos, o que demonstra que a maioria das funções executivas são estimuladas quase na mesma proporção.

⁴apesar da escala do método AHP considerar os números 1 e 9 como extremos, preferimos utilizar nesta etapa a escala de 1 a 6 com extremos mais próximos como forma de facilitar o processo de determinação para os juízes. Através de uma regra de três simples esses valores serão atualizados para a escala do método AHP.

Utilizando a ferramenta online do método AHP disponível no site (http://bpmsg.com/academic/ahpc_alc.php) as funções executivas foram comparadas entre si conforme a Figura 2.

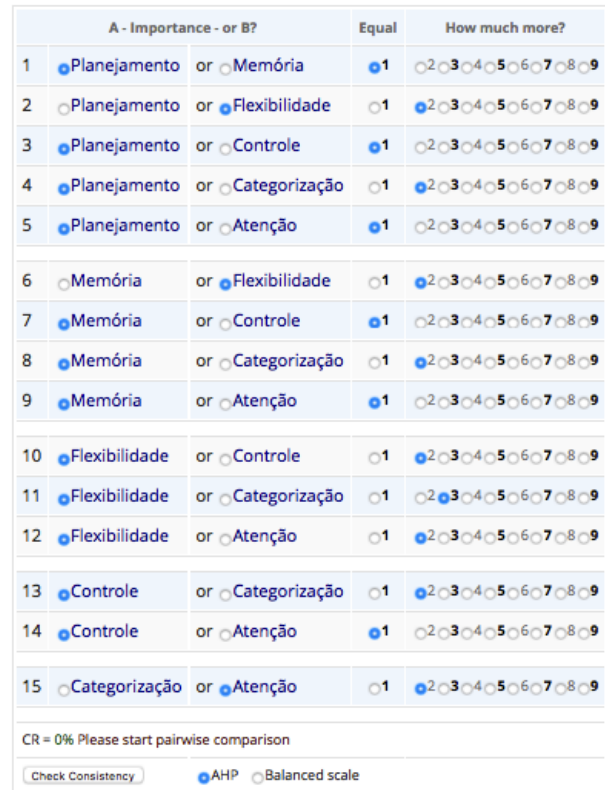


Figura 2: Comparação das Variáveis - Método AHP

Esta comparação de variáveis permite a criação de uma matriz de comparação entre as variáveis (matriz de decisão)(Figura 3) cujas posições da diagonal principal são sempre 1, já que um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Os outros elementos da matriz fora da diagonal, fazem-se a partir dos julgamentos e da intensidade de importância de acordo com a Tabela 5. Para as comparações inversas, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos aos da parte superior direita.

	1	2	3	4	5	6
1	1	1.00	0.50	1.00	2.00	1.00
2	1.00	1	0.50	1.00	2.00	1.00
3	2.00	2.00	1	2.00	3.00	2.00
4	1.00	1.00	0.50	1	2.00	1.00
5	0.50	0.50	0.33	0.50	1	0.50
6	1.00	1.00	0.50	1.00	2.00	1

Figura 3: Matriz de Decisão - Método AHP

De posse desta matriz é necessário calcular o valor do autovetor (1) que representa a média geométrica de cada linha, o autovetor

normalizado (2) que é a divisão do valor de cada autovetor pelo somatório dos autovetores e o autovalor máximo desta matriz (3) que fornecerá as porcentagens que representam cada uma das funções executivas existentes no minigame.

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n w_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \tag{1}$$

$$T = \left[\frac{W_i}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \right] \tag{2}$$

$$\lambda_{\max} = \text{média do vetor } \frac{Aw}{w} \tag{3}$$

Após esse passo é necessário calcular a Razão de Consistência (RC) (4) da matriz. Este cálculo permite termos a certeza que o processo de determinação das porcentagens foi feito de forma correta. Segundo [16], para a garantia da eficácia do processo de comparação entre as variáveis, este valor precisa ser menor ou igual 0,1. Caso o RC seja superior a 0,1 é necessário reavaliar o processo de importância dos critérios, pois pode ter havido uma incoerência na comparação das variáveis envolvidas no processo.

A Razão de Consistência é determinada pela fórmula:

$$\text{Razão de Consistência} = \frac{IC}{\text{Índice Randômico (IR) para } n} \tag{4}$$

onde IC (5) é:

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \tag{5}$$

e onde o Índice Randômico (IR) é um valor tabelado segundo a Tabela 6 estabelecida por [16].

Tabela 6: Índice Randômico - Método AHP

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: [16]

Através destes cálculos a Razão de Consistência encontrada (Figura 4) é compatível com as determinações do método AHP, garantindo que as comparações entre as variáveis foi feita de maneira correta.

Number of comparisons = 15
Consistency Ratio CR = 0.1%
CR = 0.1% OK

Figura 4: Razão de Consistência - Método AHP

Todas essas etapas e procedimentos desenvolvidos por [16] permite com que seja possível comparar e hierarquizar de forma precisa e confiável variáveis envolvidas em um processo de tomada de decisão. Como resultado deste método foram obtidas as seguintes porcentagens de cada função executiva no minigame do Replanto (MG-02).

Category	Priority	Rank
1 Planejamento	15.5%	2
2 Memória	15.5%	2
3 Flexibilidade	29.7%	1
4 Controle	15.5%	2
5 Categorização	8.2%	6
6 Atenção	15.5%	2

Figura 5: Resultado - Método AHP

Como pode ser visto na Figura 5, e comparado com a Tabela 5, as funções executivas de Planejamento, Memória de Trabalho, Controle Inibitório e Atenção Seletiva apresentam o mesmo valor - 8, que representa, 15,5%. A função executiva de Flexibilidade cuja nota era 9, ficou com porcentagem de 29,7%, enquanto a Categorização que tinha nota 7 ficou com 8,2% no processo de comparação.

Se tivéssemos que atribuir porcentagens, a grosso modo, para cada uma das funções executivas considerando esse contexto em que quatro das funções possuem o mesmo valor, provavelmente os valores escolhidos seriam 10% para Categorização, 30% para Planejamento e 15% para as demais funções executivas. Observe que esses valores apesar de próximos aos apresentados pelo método AHP, trazem uma imprecisão que impactará no processo macro de avaliação dos minigames e das suas contribuições para melhoria das funções executivas.

3.3 Os Resultados Obtidos

Utilizando este mesmo procedimento de cálculo através do método AHP, foi possível determinar as proporções de cada uma das funções executivas nos demais minigames, como está demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7: Porcentagem das Funções Executivas por Minigame

-	(FE-01)	(FE-02)	(FE-03)	(FE-04)	(FE-05)	(FE-06)
(MG-01)	12%	21,8%	12%	12%	6,8%	35,5%
(MG-02)	15,5%	15,5%	29,7%	15,5%	8,2%	15,5%
(MG-03)	9,3%	16,0%	16,0%	27,9%	3,1%	15,5%
(MG-04)	18,1%	10,9%	6,6%	30,6%	3,3%	30,6%
(MG-05)	5,7%	15,7%	10,5%	15,7%	26,2%	26,2%
(MG-06)	11,9%	12,6%	23,2%	23,2%	4,0%	25,1%
(MG-07)	25,9%	13,6%	13,6%	25,9%	7,5%	13,6%
(MG-08)	12,0%	35,5%	21,8%	12,0%	6,8%	12,0%

Fonte: Autores

O estabelecimento das porcentagens reais de cada uma das funções executivas presentes nos minigames permitirá uma melhor calibração no instrumento de avaliação que é utilizado embarcado no *Gamebook*, além de possibilitar uma classificação dos minigames a partir das funções que são mais trabalhadas. Por exemplo, para uma criança com *déficit* da função executiva de Planejamento (FE-01) é mais indicado que ele interaja com o minigame Tubulações (MG-07), pois é o que apresenta maior porcentagem (25,9%) desta função executiva. Devemos ressaltar também que o método AHP não tem por finalidade avaliar o potencial das melhorias das funções executivas daqueles que interagem com os minigames, mas

sim como um meio que pode contribuir na construção de um método avaliativo que possa evidenciar essas garantias.

Por fim, a utilização do método AHP neste caso específico do *Gamebook*, onde era necessário determinar de forma quantificada a presença de cada função executiva, nos permitiria identificar os valores padrões (o estado inicial) de cada uma das funções executivas. Através disso, durante o processo de avaliação das contribuições do jogo seria possível comparar os avanços e melhorias das funções executivas com o seu estágio inicial no jogo.

4 CONCLUSÃO

A constante utilização dos jogos digitais e dos *digital brain games* como mídias que podem contribuir com o desenvolvimento cognitivo tem sido alvo de grandes questionamentos pela falta de evidências que possam comprovar tal consideração.

Através dos métodos avaliativos que tem sido utilizados é possível chegar a comprovações qualitativas sobre como os jogos são bem aceitos como mediadores da aprendizagem, sobre a importância que a ludicidade através dos jogos pode beneficiar o processo de aprendizagem, porém faltam dados concretos que sejam aceitos por toda comunidade científica como provas cabais de que a interação com os jogos digitais podem trazer benefícios. No intuito de contribuir com a construção de um método avaliativo que possa levantar evidências quantitativas das efetivas contribuições dos jogos digitais, apresentamos a utilização do método AHP como forma de calibração do instrumento de avaliação que é utilizado no *Gamebook* Guardiões da Floresta.

Nossa crença é que a utilização de modelos matemáticos deste a construção do instrumento de avaliação e nas demais etapas avaliativas possam trazer evidências quantitativas das contribuições da interação com os jogos digitais educacionais e que juntamente com as evidências qualitativas existentes possam respaldar ainda mais o potencial que os jogos digitais educacionais tem como mediadores do processo de ensino e aprendizagem.

O *feedback* avaliativo o GGF conta com uma escala de desempenho (Figura 6) onde o jogador acompanha seus avanços e suas interações com cada minigame e um gráfico polar comparativo (Figura 7) como forma de acompanhar a evolução das suas funções executivas ao longo das interações que fizer, como cita [1].



Figura 6: Desempenho - Melhoria das Funções Executivas



Figura 7: Gráfico Polar - Melhoria das Funções Executivas

Nosso próximo passo é utilizar destas novas porcentagens calculadas através do método AHP como base estrutural para avaliação e para a melhoria deste ambiente de *feedback* ao usuário. Juntamente com isso buscaremos estabelecer uma implementação na forma de relacionar e comparar estas informações com os demais dados salvos pelo *framework* do GGF que são: tempo de conclusão do desafio, tempo de resposta, quantidade de erros e acertos, tentativas de acerto e erro, quantidade de cliques ou omissão de cliques. Através disso poderemos alcançar o objetivo de emitir os relatórios com dados estatísticos que possam demonstrar o desempenho do usuário e a relação desse desempenho com cada uma das funções executivas.

Esperamos que as próximas publicações possam trazer dados sobre a continuidade deste processo de implementação do modelo proposto, suas vantagens, qualidades e limitações como forma de colaborar com a comunidade científica e servir de exemplo para aqueles que estão envolvidos em pesquisas que buscam trazer evidências das contribuições dos jogos digitais educacionais.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Alves and C. Bonfim. Gamebook e a estimulação de funções executivas em crianças com indicação de diagnóstico de tdah: Processo de pré-produção, produção e avaliação do software. *Revista da FAEEBA-Educação e Contemporaneidade*, 25(46), 2016.
- [2] L. R. G. Alves and W. S. Santos. Uma análise dos jogos lumosity e elevate: Delineando métricas avaliativas. In *XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2016.
- [3] R. Contreras-Espinosa and J. Eguia-Gómez. Pesquisa da avaliação e da eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais e reflexões em torno da literatura científica. In *Jogos Digitais E Aprendizagem: Fundamentos Para Uma Prática Baseada Em Evidências*, pages 61–76. Papyrus, Campinas, 2016.
- [4] A. G. D. Corrêa, I. Karaguilla, R. d. D. L. Ficheman, A. N. Klein, and C. Salvioni. Criação e avaliação de um jogo eletrônico para indivíduos com distrofia muscular de duchenne visando a educação nutricional. In *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2013.
- [5] A. Diamond, W. S. Barnett, J. Thomas, and S. Munro. Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, NY)*, 318(5855):1387, 2007.
- [6] J. B. Dourado and et. al. Desenvolvimento e avaliação de um jogo com tecnologia de ra para auxiliar no ensino de matemática. In *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 846–853, 2015.
- [7] M. Eliane Sobrinho, D. C. S. Resplandes, K. W. S. Valente, E. Sampaio Neto, and M. Ribeiro Filho. Game serra pelada: Projeto implementação e avaliação de um jogo educativo para o ensino de geometria para alunos do 9 ano do ensino fundamental. In *XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2016.

- [8] A. Fleury, L. O. Sakuda, and J. H. D. O. Cordeiro. I censo da indústria brasileira de jogos digitais. *NPGT-USP e BNDES: São Paulo e Rio de Janeiro*, 2014.
- [9] P. Guimarães, A. Tourinho, J. Vieira, and L. Alves. Uma análise das possíveis contribuições do gamebook guardiões da floresta para estimulação das funções executivas. *XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2016.
- [10] J. A. Küller and N. de Fátima Rodrigo. Uma metodologia de desenvolvimento de competências. *Boletim Técnico do Senac*, 38(1):6–15, 2012.
- [11] I. Mayer and et. al.. The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology. In *British Journal of Education Technology*, 2013.
- [12] L. G. Ollaik and H. M. Ziller. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. *Educação e Pesquisa*, 38(1):229–241, 2012.
- [13] H. Pereira-Jr and C. S. Menezes. Modelo para um framework computacional para avaliação formativa da aprendizagem em jogos digitais. In *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2015.
- [14] F. N. O. E. Pozzebon and L. Frigo. Avaliação de uma metodologia para desenvolvimento de competências na produção de jogos digitais didáticos. In *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2015.
- [15] T. W. Robbins, D. Weinberger, J. Taylor, and R. Morris. Dissociating executive functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 351(1346):1463–1471, 1996.
- [16] T. L. Saaty. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6):19–43, 1994.
- [17] R. Savi, C. G. Von Wangenheim, V. Ulbricht, and T. Vanzin. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE*, 8(3), 2010.
- [18] L. Sena, A. and Marzulo and W. Quirino. Avaliação e taxonomia de jogos para ensino de programação de computadores. In *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2015.
- [19] R. Teixeira Filho and et.al. Game marabá: projeto, implementação e avaliação de um jogo educativo para auxílio no ensino de estudos amazônicos. Master's thesis, Universidade Federal do Pará, 2017.
- [20] E. R. N. Victal and C. S. . Menezes. Avaliação para aprendizagem baseada em jogos: Proposta de um framework. In *XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 970–977, 2015.
- [21] P. Wouters, E. D. Van der Spek, and H. Van Oostendorp. Current practices in serious game research: A review from a learning outcomes perspective. In *Games-based learning advancements for multi-sensory human computer interfaces: techniques and effective practices*, pages 232–250. IGI Global, 2009.