

Um Exergame para Estimulação de Componentes das Funções Executivas em Crianças do Ensino Fundamental I

João B. Mossmann^{1,3*}Eliseo B. Reategui¹
Matheus F. Viana³Caroline O. Cardoso²
Débora N. F. Barbosa⁴Rochele P. Fonseca²¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE), Brasil²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Brasil³Univerisade Feevale, Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais, Brasil⁴Univerisade Feevale, Programa de Pós-graduação em Diversidade Cultural e Inclusão Social, Brasil

RESUMO

O artigo trata do desenvolvimento de um jogo, Exergame, educativo realizado para a estimulação das Funções Executivas (FE), mais especificamente do controle inibitório, em crianças do Ensino Fundamental I. O jogo encontra-se finalizado e esse artigo descreve toda metodologia empregada no desenvolvimento, bem como a conjugação dos requisitos e desafios de produção oriundos de diferentes demandas, artísticas, neurocognitivas, educacionais, técnicas e relativas à jogabilidade.

Palavras-chaves: Exergame, Controle Inibitório, Jogos Sérios, Jogos Educativos, Funções Executivas.

1 INTRODUÇÃO

O artigo em questão trata do desenvolvimento de um jogo digital para a estimulação das Funções Executivas (FE), mais especificamente do controle inibitório, em crianças do Ensino Fundamental. Como característica principal, destaca-se a utilização dos conceitos dos Exergames, em que o corpo é o elemento de interação entre o jogador e o jogo.

O trabalho [10] afirma que é possível trabalhar as FE de sujeitos (crianças inclusive) e, com isso, estimular e melhorar suas ações perante as diferentes situações do cotidiano, incluindo o cotidiano escolar. Dentre algumas ferramentas utilizadas para realizar a estimulação das FE, destaca-se o jogo digital intitulado Cogmed, originalmente investigado em [21]. O principal objetivo do jogo Cogmed é promover a estimulação da memória de trabalho (um dos componentes das FE). Deve ser realizado conjuntamente com um programa específico e aplicado com a supervisão de uma pessoa capacitada. Experimentos realizados a partir do jogo relatam resultados que indicam a melhora acadêmica de alunos que utilizaram o jogo. Isso porque o Cogmed exercita a Memória de Trabalho e baixos níveis de memória impedem um melhor desempenho acadêmico [21].

Ainda no contexto de jogos utilizados na estimulação das FE, emprega-se a utilização de jogos comerciais para verificar a Flexibilidade Cognitiva. A investigação realizada em [16] verifica como os jogos de Estratégia em Tempo Real (RTS) melhoram a Flexibilidade Cognitiva dos seus jogadores. Por conseguinte, os resultados da pesquisa indicam a melhora das FE, incluindo, não somente a Flexibilidade Cognitiva, mas também a memória de trabalho. Possivelmente, tais resultados foram alcançados porque, para o estilo de jogo selecionado RTS, é necessário que o jogador realize uma gestão de diferentes situações que ocorrem de maneira simultânea

*mossmann@gmail.com

durante o jogo. Portanto, exige que ele se mantenha com foco e alternando a atenção entre as diferentes ocorrências sintetizadas no jogo. Já a pesquisa [35], investigou crianças entre quatro e cinco anos, de diferentes escolas, que participaram de intervenção mediada por tecnologia, tanto para estimular funções de memória de trabalho viso-espacial, quanto de controle inibitório, durante 5 semanas. As crianças participantes do grupo experimental mostraram uma melhora significativa nas atividades exercitadas. Os resultados apontam melhorias nas tarefas *go / no-go* e na tarefa *flanker*.

No contexto dos Exergames eles são aplicados no ambiente escolar e principalmente na realização de atividades físicas [13, 1]. Além disso, o trabalho [29] investigou a incidência das diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva, proposta pelo psicólogo australiano John Sweller [34], em um Exergame, demonstrando a possível utilização desses jogos como material instrucional e de apoio pedagógico para diferentes atividades e contextos escolares.

Assim, para apresentar todos os conceitos necessários para compreensão dos temas pertinentes nesse artigo, o próximo capítulo descreve investigações sobre Exergames, em seguida são apresentadas as Funções Executivas e o Controle Inibitório. Na sequência, são apresentados estudos que utilizam jogos digitais para estimulação das FE. Já o próximo capítulo versa sobre o desenvolvimento do jogo para estimular o controle inibitório, os requisitos, a metodologia de desenvolvimento empregada durante a construção do constructo digital. Por fim, as considerações finais, bem como os trabalhos futuros.

2 EXERGAMES

Os Exergames ou Jogos Ativos consistem em uma classe de jogos onde o jogador controla e realiza ações em um determinado jogo por meio de movimentos corporais, ao invés de apenas manusear um *joystick*. A atual tecnologia permite o desenvolvimento de Exergames empregando diferentes tecnologias, tais como, plataformas específicas de dança ou equilíbrio, bicicletas ergométricas, controles remotos com acelerômetros ou câmeras de rastreamento de movimento. Os movimentos corporais do jogador são interpretados como entrada de dados e associados a comandos/significados específicos para o jogo, transformando o movimento tridimensional do espaço físico, para uma entrada em sistema computacional.

Então, quando o jogador encontra-se distante do personagem na tela, ele necessita utilizar-se de habilidades espaciais e visuais, coordenação óculo-manual, óculo-pedal e curto tempo de reação para obter êxito no jogo [28, 9, 31]. O termo Exergame origina-se desta interação da dimensão do exercício com os jogos digitais.

A tecnologia dos jogos aliada à interação corporal suscitou diversos estudos favoráveis ao uso dos Exergames, uma vez que conciliam os *videogames* à atividade física. Utilizando-os como instrumento de apoio pedagógico em alternativa às práticas já estabelecidas, tornou-se possível, por exemplo, aliar Exergames à disciplina

de Educação Física, assim como em outras áreas. Os Jogos Ativos evidenciam um ótimo potencial motivacional, sobretudo para alunos resistentes as formas tradicionais das aulas, tal como na pesquisa [13] que realizou o desenvolvimento de um laboratório de Exergame com foco em crianças e pré-adolescentes, que normalmente apresentam sinais de insatisfação com a Educação Física. Através de uma observação qualitativa, a investigação [13] demonstrou que os alunos, normalmente desprovidos de motivação para participar em aulas de educação física, mostraram uma atitude positiva em relação às práticas com jogos.

A flexibilidade dos exergames permite ao professor adaptar a experiência de aprendizagem às necessidades individuais dos alunos. Sendo assim, é necessário analisar a forma ideal de integrar os processos formais de aprendizagem, já estabelecidos, com os exergames.

Estudos apontam para a capacidade dos exergames provocarem um aumento significativo da frequência cardíaca, do VO_2 e do dispêndio energético em relação ao repouso [32]. Além disso, a mesma pesquisa [32], observou que os jogos ativos produzem efeitos similares a atividades físicas tradicionais. Além disso, nota-se um gasto energético superior em crianças, quando comparado com adultos. As evidências da efetividade do uso de exergames no apoio a atividades de Educação Física apontam para um quadro positivo, embora, ainda sejam limitadas.

Outras pesquisas apontam os Exergames como uma ferramenta para promoção de saúde e bem estar, uma vez que ajudam a combater a doença crônica pediátrica mais comum da atualidade – a obesidade infantil [1]. Além disso, efeitos positivos, principalmente relacionados à parte física, psicossocial e cognitiva do jogador, podem ser observados naqueles que utilizam jogos de *exergaming* [24]. A pesquisa aponta como principal característica desta modalidade de jogos a sensação de prazer, uma vez que, ao sentir prazer, o jogador tende a entrar em estado de imersão, focando-se e concentrando-se mais no jogo, tornando a prática do exercício físico quase que imperceptível, o que por consequência aumenta o tempo em que ele permanece na atividade. Outro achado da pesquisa demonstra que o estado de imersão aumenta quanto maior é o tempo de jogo investido, e que o foco e o estado de imersão podem ser perdidos se o número de pessoas que estiver participando da atividade for muito grande.

O jogo *Extereiner* [1] foi baseado em uma simples corrida para tentar tornar o exercício mais atrativo. A interação ocorre através de pulseiras com sensores, que são responsáveis por capturar os movimentos e transformar em ações enviadas ao jogo, as quais serão projetadas em uma tela a frente da esteira que o jogador estará utilizando. O estudo apresentado por [1] cita a importância do nivelamento entre os jogadores, para que não se perca o interesse no jogo com o passar do tempo.

A prática de exercícios físicos rigorosos traz benefícios consideráveis em crianças com autismo, porém, é difícil motivá-las em função do estilo de vida sedentário [14]. Considerando esta variável, o estudo propôs a criação de um exergame projetado para atender as necessidades destas crianças. Intitulado *Astrojumper*, o jogo utiliza realidade virtual estereoscópica. Rastreadores eletromagnéticos colocados na cabeça, braço e cintura do jogador foram utilizados para a captura de movimentos. Além disso, uma sala com três lados foi projetada para exibição de um ambiente virtual do espaço, com planetas, asteroides, naves espaciais e estrelas, criando o ambiente ideal para imersão do jogador. No jogo, os objetos projetados deslocam-se em direção ao jogador que precisará pular, agachar e desviar destes, coletando com os braços objetos que fornecerão bônus. A motivação foi trabalhada utilizando recursos de reforço na pontuação, *feedback*, efeitos especiais e cores para incentivar o participante a ter sucesso dentro do jogo.

Em [18] foi desenvolvido um jogo adotando o uso de uma bicicleta para estimular as crianças com Paralisia Cerebral (PC) a peda-

larem em um ambiente controlado. Os testes para a elaboração da bicicleta e do jogo contaram com a colaboração de crianças, além de profissionais de outras áreas, tais como médicos, fisioterapeutas, projetistas de jogos e cientistas da computação. Devido à diferença individual das crianças, foram propostos quatro modelos de cadeira, utilizadas em conjunto com a bicicleta. Um filtro de suavização foi utilizado para evitar que a doença das crianças pudesse ocasionar instabilidade no ritmo. Desta forma, o jogo analisa o andamento dos jogadores da melhor maneira possível, tornando-o mais preciso.

O estudo de [23] propôs dois protótipos de exergames, utilizando o celular do jogador como controlador para a captura de movimentos e transmissão ao jogo, criando um jogo de plataforma global. Um dos exergames desenvolvidos requer que o jogador coloque o celular no bolso e, na sequência, pule e movimente-se. Estes movimentos são capturados e interpretados pelo jogo. O estudo aponta que o jogo é de extrema imersão, acarretando na distorção da noção de tempo nos jogadores.

3 FUNÇÕES EXECUTIVAS

As FE referem-se a um grupo de habilidades que regulam e controlam o comportamento humano para atingir objetivos específicos. Existe um consenso entre os neurocientistas que divide as Funções Executivas em três componentes principais: 1 - controle de inibição (Controle Inibitório), 2 - memória de trabalho e 3 - flexibilidade cognitiva [10]. Estudos recentes vêm demonstrando que um nível elevado de FE na infância está diretamente ligado a maior criatividade, capacidade de autocontrole e de flexibilidade. Além disso, são consideradas habilidades essenciais para a saúde física e mental, para o desenvolvimento cognitivo, social e psicológico, bem como para obter sucesso escolar e na vida profissional. Atualmente, sabe-se que é possível ajudar as crianças a desenvolver e aperfeiçoar as habilidades executivas através de tarefas lúdicas que trabalham raciocínio, planejamento e controle inibitório. Ainda, existem evidências citadas na literatura que demonstram que a atividade física também melhora a FE.

Adele Diamond [11] afirma que atividades físicas podem produzir uma melhora da cognição e da função cerebral, consequência da utilização do córtex pré-frontal do cérebro. Essa é uma área que está associada às FE. Então, quando desenvolvemos alguma atividade que está relacionada com as funções executivas, tais como: planejamento, tomada de decisão, previsão/expectativa de ações e comportamentos sociais, o córtex pré-frontal é acionado.

O Controle Inibitório, como um dos componentes das FE, é a habilidade que permite realizarmos o controle de comportamentos, sendo a capacidade que possuímos de frear uma ação/comportamento inapropriado. O controle inibitório é o que permite que possamos modificar e escolher como reagir e nos comportar frente a uma determinada situação ou atitude, ou seja, é a habilidade de pensar antes de realizar uma ação, permitindo assim postergar, inibir ou trocar uma resposta através da avaliação da situação/demanda [10].

O controle inibitório pode ocorrer, por exemplo, quando duas crianças estão brincando e eventualmente uma delas esbarra na outra. A criança que recebeu o esbarrão precisa controlar seu impulso e não revidar, empurrando a outra criança. Então esse ato de inibir, controlar e resistir às tentações e não agir impulsivamente é a habilidade de Controle Inibitório.

Conforme mencionado anteriormente, os estudos vêm mostrando que as habilidades de controle inibitório, assim como das FE, se desenvolvem ao longo da infância até adolescência e idade adulta. Na velhice pode-se verificar uma diminuição do controle inibitório [10, 26]. Já nos primeiros meses de vida percebem-se formas elementares de controle inibitório em bebês [8], e com um ano os bebês são capazes de inibir respostas motoras. Contudo, o autocontrole e o controle de emoções, desenvolvem-se no final dos

anos pré-escolares, entre zero e cinco anos de idade [8].

No contexto clínico, sabe-se que crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) possuem prejuízos em relação ao controle inibitório [33]. Logo, a estimulação desse componente da FE pode, além de aperfeiçoar o controle inibitório de crianças com desenvolvimento típico, melhorar nas crianças com prejuízos nesse contexto.

O Controle Inibitório está relacionado ao desempenho acadêmico dos alunos [6, 38] já que permite ampliar uma série de habilidades relacionadas a nossa capacidade de resolução de problemas, raciocínio e também melhorar o autocontrole. Desse modo, espera-se que a escola adapte suas ações nesse sentido, que tenha atividades lúdicas ou associadas com conteúdos que promovam o exercício das funções executivas.

4 PESQUISAS RELACIONADAS

A seguir são apresentados estudos relacionados, onde são utilizados jogos digitais (computadorizados) com o objetivo de promoverem programas de intervenção neuropsicológica precoce-preventiva e de reabilitação cognitiva através da estimulação das FE. Neste contexto, o estudo apresentado em [35] afirma que as FE, incluindo a memória de trabalho e inibição, são de suma importância para o comportamento humano. Por este motivo, intervenções destinadas a melhorar as FE possuem um propósito importante. Conforme esse mesmo estudo [35], a memória de trabalho pode ser melhorada através de exercícios, mas não se sabe se isso também vale para a inibição e se é possível estimular as FE em crianças com idade pré-escolar.

O estudo de [35] buscou investigar a estimulação em crianças entre 4 e 5 anos, de 4 pré-escolas diferentes. Estas acompanharam o programa de intervenção mediado pela tecnologia, envolvendo memória de trabalho viso-espacial e controle inibitório, durante 5 semanas. Os grupos foram divididos em quatro: 1 - grupo de controle ativo, 2 - grupo de controle passivo, 3 - grupo de memória de trabalho e 4 - grupo de inibição. Participaram deste estudo 65 crianças, sem diagnóstico psiquiátrico ou sintomas para o TDAH de acordo com classificações parentais ou de professores, conforme o TDAH *Rating Scale-IV* [12]. O grupo de controle ativo foi composto por 14 crianças, sendo 7 meninos e 7 meninas, com idade média de 58 meses. Foram submetidos a atividades durante 5 semanas, 15 minutos por dia, usando jogos de computador comerciais de baixo impacto nas FE. Participaram do grupo de controle passivo 16 crianças, sendo 7 meninos e 9 meninas. A idade média das crianças era de 60 meses. Eles não jogaram, apenas participaram de um pré e pós teste. O grupo de memória de trabalho contava com 17 crianças (9 meninos e 8 meninas), com idade média de 54 meses. Eles foram estimulados durante 5 semanas, 15 minutos por dia. Os jogos utilizados para estimulação foram especialmente desenvolvidos para este grupo.

O programa *working memory*, Memória de Trabalho (MT), em português, foi baseado em programas de estimulação anteriores [21], mas com foco específico em MT viso-espacial. No contexto da MT viso-espacial, a dinâmica do jogo se dava da seguinte forma: para cada atividade realizada de forma correta, a dificuldade aumentava em um terço (isto é, três ensaios corretos são necessários, a fim de avançar para o próximo nível), e para cada ensaio incorreto, a dificuldade diminuía dois terços. Crianças estimuladas com atividades de memória de trabalho melhoraram significativamente nas tarefas exercitadas. Além disso, esse progresso também pode ser observado em tarefas não exercitadas, envolvendo memória de trabalho espacial e verbal, sendo que essa habilidade também pode ser notada na transferência para a atenção.

Já o grupo de inibição foi composto por 18 crianças, sendo 9 meninos e 9 meninas. A idade média das crianças foi de 54 meses. Eles foram estimulados durante 5 semanas, 15 minutos por dia. Foram desenvolvidos jogos especialmente para este grupo. Os jogos

eram compostos de 5 tarefas de controle inibitório, mas apenas 3 utilizados de maneira rotativa com duração de 5 minutos para cada atividade.

As tarefas desenvolvidas foram baseadas em 3 paradigmas: inibição de uma resposta motora prepotente (*go / no-go paradigm*) [36]; parando uma resposta em curso (*stop-sinal paradigm*) [25]; e controle de interferências (*flanker task*) [5]. Para cada atividade realizada de forma correta, a dificuldade aumentava em um terço (isto é, três ensaios corretos foram necessários, a fim de avançar para o próximo nível) e para cada ensaio incorreto, a dificuldade diminuía em dois terços. Crianças pertencentes ao grupo de inibição mostraram uma melhora significativa ao longo do tempo em dois dos três paradigmas das tarefas exercitadas. Os resultados apontam melhorias nas tarefas *go / no-go* e na tarefa *flanker*, mas não sobre as tarefas *stop-sinal*. Não há melhorias significativas em relação aos grupos de controle nas medições das tarefas de memória de trabalho ou atenção.

Os resultados sugerem que o exercício da memória de trabalho pode ter efeitos significativos entre crianças pré-escolares. No contexto do controle inibitório, pode-se observar que a inibição não melhorou em um dos programas testados (*stop-sinal*). Provavelmente, esse resultado deve-se aos exercícios específicos utilizados no estudo ou possivelmente indicam que as FE diferem em como podem ser melhoradas através de estimulação.

Outro estudo realizado por [27], no contexto brasileiro na cidade de Belo Horizonte, investigou a efetividade de um programa de estimulação cognitiva, estimulando a memória de trabalho de crianças em idade escolar. Inicialmente, foram selecionados 124 alunos para o estudo, todos cursando o quarto e quinto ano do 2o ciclo escolar de uma escola pública federal da cidade de Belo Horizonte, sendo 54% do sexo masculino com a média de idade das crianças de 9,19 anos (DP = 0,67). Foram aplicados dois testes (Raven - Escala Geral e TNVRI) para a seleção dos participantes do estudo, onde as pontuações brutas de cada um dos testes foram transformadas em score z, que por sua vez, foram transformados a QI. Assim, as crianças foram categorizadas em três intervalos: QI alto (pontuação >120), QI médio (pontuação entre 95-110) e QI baixo (pontuação entre 70-85).

Com essas informações, foi realizado o procedimento de tabulação cruzada entre os QIs encontrados nos dois testes de inteligência, a fim de verificar se a posição da criança segundo seu nível intelectual se mantinha a mesma. Por fim, foram selecionadas apenas as crianças classificadas no mesmo intervalo de QI para os dois testes. Além disso, optou-se por trabalhar apenas com meninos, na tentativa de eliminar as diferenças cognitivas, motivacionais e de personalidade relacionadas a essa variável e que são constantemente apontadas na literatura [17].

Com base nos critérios definidos acima, a amostra final seria constituída de 27 meninos. Entretanto, devido alguns pais não consentiram com a participação de seus filhos no estudo, a amostra final resultou em 16 meninos, sendo quatro de QI baixo, quatro de QI médio e quatro de QI alto. As crianças foram divididas em grupo controle (GC) e grupo experimental (GE), avaliadas no pré e no pós-teste com medidas de inteligência fluída, cristalizada e desempenho escolar. O agrupamento em GC e GE foi feito de forma aleatória, sendo oito meninos para o GC e oito para GE. A idade média dos meninos selecionados foi de 8,75 anos, com desvio-padrão de 0,44, sendo todos do 4o ano do segundo ciclo.

O estudo foi desenvolvido com amostra não clínica. Sendo assim, caso a criança viesse a apresentar sintomas ou diagnóstico de transtornos de aprendizagem, deficiência mental ou dificuldades de atenção, ela seria excluída do estudo.

Durante a etapa de estimulação cognitiva, tanto de GE, quanto de GC, as crianças foram divididas em grupos menores para facilitar a logística da intervenção e melhorar a supervisão das sessões. Assim, foram dois grupos controle e dois experimentais com três

crianças cada, e um grupo controle e um experimental com duas crianças cada. Cada grupo participou da atividade duas vezes por semana em dias e horários alternados. Os testes tiveram duração total de 3 meses. O tempo de cada sessão para o grupo experimental variou entre 40 e 50 minutos, dependendo do ritmo da criança. Para o grupo controle, as sessões tiveram duração fixa de 50 minutos.

O GE foi estimulado utilizando as tarefas informatizadas de MT, através de uma adaptação do *software* desenvolvido por [15]. Foram utilizadas três tarefas, cujas descrições encontram-se nos parágrafos abaixo:

A tarefa Ordem Numérica é composta por quatro níveis de dificuldade (baixo, médio 1, médio 2 e alto). Cada nível de dificuldade foi constituído por 30 ensaios e dois itens de treino. A criança avançava de um nível para o outro automaticamente quando atingia o critério de avanço especificado (nesse caso, 80% de acertos). A tarefa consistia na realização de operações matemáticas de adição simples (por exemplo: $1+1=?$ e $4+3=?$), em conjunto com a memorização do resultado das mesmas, o qual deveria ser colocado em ordem crescente. A cada nível, o número de valores a ser memorizado aumentava.

A tarefa ABC gramatical compõe-se de três níveis de dificuldade (baixo, médio e alto), sendo que cada nível contém 30 ensaios e dois itens de treino. A criança avançava de um nível para outro automaticamente quando atingia o critério de avanço especificado (nesse caso, 80% de acertos). A tarefa consistia na apresentação de uma série de sentenças sobre a posição das letras, na qual a criança deveria responder qual a ordem correta das letras apresentadas. Por exemplo: “A vem antes de B” (Essa expressão era exibida no jogo na primeira tela); “Qual a ordem correta? 1-BA 2-AB” (Essa expressão era exibida no jogo na segunda tela). A cada nível, as sentenças se tornavam mais complexas.

A tarefa Alfabeto é composta de três níveis de dificuldade (baixo, médio e alto), sendo que cada nível apresenta 32 ensaios e dois itens de treino. A criança avançava de um nível para outro automaticamente quando atingia o critério de avanço especificado (nesse caso, 80% de acertos). A tarefa consistia na apresentação de uma série de palavras, das quais a criança deveria lembrar a primeira letra e digitá-la em ordem alfabética (por exemplo: MAU, BAR e CEU = B, C, M).

Já as crianças do grupo controle (GC), não receberam o estímulo cognitivo em MT. Elas realizaram sessões de jogos livres (*videogame*) também no computador. Os jogos do grupo controle foram selecionados por não envolverem diretamente a memória de trabalho.

Os resultados obtidos com o estudo demonstram não haver diferenças estatisticamente significativas entre as medidas de GC e GE no pré e pós-teste de inteligência. Antes da estimulação cognitiva, o grupo controle apresentava pontuações levemente superiores em todas as medidas cognitivas utilizadas. Após a estimulação, a diferença entre os grupos GE e GC caiu cerca de 1 a 3 pontos de QI (favorável a GC) para as medidas de inteligência fluída (Raven e TNVRI), embora o grupo controle tenha continuado superando o grupo experimental na medida de inteligência cristalizada (CEPA) e em desempenho escolar (TDE). Pesquisas que utilizam estimulação em memória de trabalho têm obtido resultados positivos em aumentar a inteligência fluída [19, 20, 21, 22, 3].

5 EXERGAME PARA ESTIMULAR O CONTROLE INIBITÓRIO

O desenvolvimento e a construção do Exergame contou com uma equipe multidisciplinar, com pesquisadores e alunos de iniciação científica da psicologia, ciências da computação, pedagogia, informática aplicada à educação e jogos digitais. O Exergame possui sete atividades diferentes (*mini games*) que possibilitam ao jogador lidar com eventos de controle inibitório. Cada atividade tem por foco um contínuo crescente de dificuldades executivas, iniciando por níveis mais fáceis. Durante a concepção do jogo digital,

intitulado como “As Incríveis Aventuras de Apollo e Rosetta no Espaço”, foi desenvolvido um universo ficcional adequado e aderente ao público da pesquisa. Na história (narrativa) desenvolvida para criar a ludicidade necessária ao jogo, foi empregado o processo de desenvolvimento de narrativa proposto por [7]. Então, em as Incríveis Aventuras de Apollo e Rosetta, a narrativa é composta por três personagens principais: (1) Apollo, um menino de 9 anos; (2) Rosetta, uma menina de 8 anos e o (3) Mestre. Apollo e Rosetta são irmãos, apaixonados pelo espaço e por Astronomia. Já o Mestre, um alienígena ancião, é o professor da Escola de Exploradores Espaciais, e quem guia os irmãos pela história.

O enredo do jogo possui uma temática espacial e a história inicia com os dois irmãos (Apollo e Rosetta) acampando no quintal de casa. Como ocorre todas as sextas-feiras à noite, os dois se fantasiavam de astronautas, acampam no pátio de sua casa e, com uma luneta, ficam explorando o céu para ver as estrelas. Quando os dois adormecem dentro da barraca, eles começam a sonhar. No sonho, o Mestre (professor da Escola de Exploradores Espaciais) aparece e os convida para fazer parte desta escola que forma exploradores do espaço.

Cada uma das sete atividades do jogo (gameplays), desenvolvidas para estimular o controle inibitório, são como se fossem disciplinas que Apollo e Rosetta estão cursando na Escola de Exploradores Espaciais. A narrativa do jogo foi desenvolvida de forma a proporcionar ao aluno (jogador) um universo ficcional agradável e evolutivo. A seguir são descritas cada uma das atividades. Assim, a próxima seção apresenta o processo de desenvolvimento aplicado na construção do Exergame, em seguida são apresentados dados referentes ao público alvo do jogo, além disso são descritos os *mini games* presentes no jogo.

5.1 Processo de Desenvolvimento

Existem trabalhos consolidados na Engenharia de *Software* que descrevem processos de desenvolvimento interativos [4], esse trabalho preocupa-se em entender essas singularidades entre os diferentes processos de desenvolvimento, ciente de que este para jogos, deve ser capaz de gerenciar as habilidades individuais e da equipe nas diferentes etapas do projeto [37]. O estudo apresentado por [30] com a participação de pesquisadores da Microsoft, indica que os jogos constituem uma parte significativa no desenvolvimento de *software*. Porém, pesquisadores de engenharia de *software* têm feito pouco esforço para estudá-los no seu processo de desenvolvimento.

Neste contexto, o jogo digital é um produto criativo, resultante de um esforço multidisciplinar aplicado no seu desenvolvimento. Onde, atualmente, a indústria de jogos conta com profissionais de diferentes habilidades e formações. Dividem o desenvolvimento profissionais oriundos da Ciência da Computação, Design, Comunicação, Música, Jogos (formação específica), entre outros, tais como os especialistas do domínio, presentes principalmente no processo de desenvolvimento de jogos educativos.

O caso do trabalho aqui apresentado, deve equacionar as necessidades técnicas do desenvolvimento com as determinações e formalidades necessárias para atingir o objetivo de construir um jogo capaz de realizar a estimulação do controle inibitório. Então, no cenário onde os jogos são produzidos de maneira evolucionária (revisões recorrentes), ou seja, de uma natureza interativa de desenvolvimento, o modelo proposto por [2] descreve uma espiral de desenvolvimento, especificando as diferentes etapas necessárias para o desenvolvimento do jogo que foi adotado nesse trabalho. Assim, foi utilizado a prototipagem como um meio de permitir que a tarefa de programação do protótipo juntamente com a testagem e avaliação possam influenciar todas as novas tarefas de maneira cíclica e espiral, incluindo a participação dos especialistas em funções executivas durante todo o processo de desenvolvimento. Assim, detalhamos os cinco passos do processo (1 - Inspiração; 2 - Conceito; 3 - Projeto; 4 - Desenvolvimento; 5 - Teste e Avaliação).

Na fase (1) - Inspiração, a ideia do jogo é descrita em poucas palavras para todos os participantes. Nessa etapa, houve a participação direta do Grupo de Pesquisa Neuropsicologia Clínica e Experimental. A estratégia adotada desde o início, permanecendo até o final, foi a de realizar reuniões conjuntas com o grupo de pesquisa e com especialista em função executiva. Essas reuniões iniciais conceberam um conjunto de requisitos gerais que orientaram o desenvolvimento do jogo. Ainda, durante essa etapa, a equipe do projeto realizou, com o público alvo do projeto, uma pesquisa de opinião, apresentada na Seção 5.2.

A etapa (2) - Conceito, ocupou-se de montar uma representação dos assuntos discutidos durante a fase de Inspiração. Foram desenvolvidos diagramas visuais que expressassem as características discutidas e acordadas. Um exemplo de modelo construído nessa fase é a Figura 1, que demonstra uma parte da jogabilidade de uma das atividades analisadas. Durante essa etapa, iniciou-se também a evolução da narrativa presente no jogo, bem como a estética visual. A Figura 2 (A) apresenta o modelo visual inicial e conceitual da atividade "Pulando Asteroides". Já na Figura 2 (B), observa-se a evolução da atividade que ocorreu em virtude dos ciclos de produção.

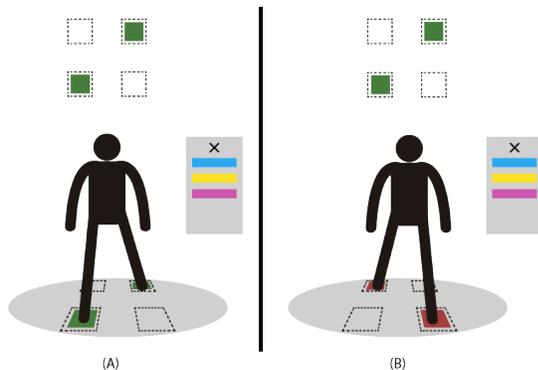


Figura 1: Exemplo de modelo que demonstra a jogabilidade de uma atividade.

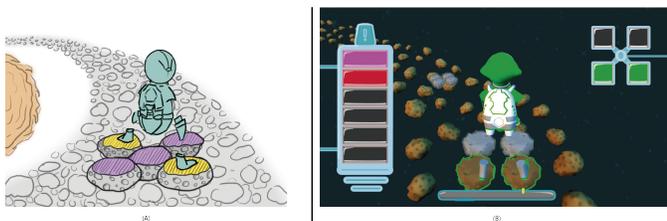


Figura 2: Comparação entre o conceito e a atividade finalizada.

Durante a etapa (3) - Fase de Projeto, a equipe de desenvolvimento do jogo realizou a estrutura e projetou como os elementos de *software* seriam desenvolvidos. A arquitetura dos módulos do sistema e a comunicação entre os artefatos computacionais, arte e narrativa também foram analisadas e definidas. Ainda nessa etapa, as tarefas que deveriam ser produzidas nos próximos ciclos foram descritas e endereçadas aos participantes da equipe juntamente com os prazos.

Durante a execução da etapa (4) - Desenvolvimento, o jogo foi programado e a arte, animação dos personagens, interface, narrativa e som foram produzidas e integradas nos protótipos que, ao evoluírem no ciclo de desenvolvimento, tornaram-se o jogo. A Figura 3 (A) demonstra a atividade intitulada como "Decifrando Códigos" ainda em fase inicial de protótipo computacional jogável,

em comparação com a Figura 3 (B), onde pode-se observar a transformação dos primeiros protótipos, já jogáveis, mas sem arte e som, com o produto já bem acabado e com os demais artefatos integrados (arte, som e narrativa).

Por fim, a última fase do ciclo (5) - Fase de avaliação, preocupou-se com a realização de testes e avaliação por membros da equipe. Nessa fase, foram constatados problemas de diferentes origens, tais como: arte, programação, jogabilidade e especialidade do jogo (controle inibitório). Na Figura 2, já citada anteriormente, observa-se a evolução da atividade "Pulando Asteroides", que inicialmente era concebida para contar com cinco asteroides, mas foi alterada para quatro (localizados abaixo do personagem principal) em virtude da jogabilidade e do objetivo central que é a estimulação do controle inibitório. Ainda nessa fase, além da avaliação dos componentes digitais foram realizados "Testes de Jogo". Essas experimentações ocorreram por parte da equipe desenvolvedora e também com um voluntário que possui características aderentes ao público alvo do projeto. Nesse contexto, a Figura 4 (A) demonstra o teste com o voluntário, ainda em base inicial do projeto. Já a (B) apresenta o teste com um protótipo consolidado. É importante ressaltar que esses testes não são testes Psicométricos, e sim de jogabilidade.

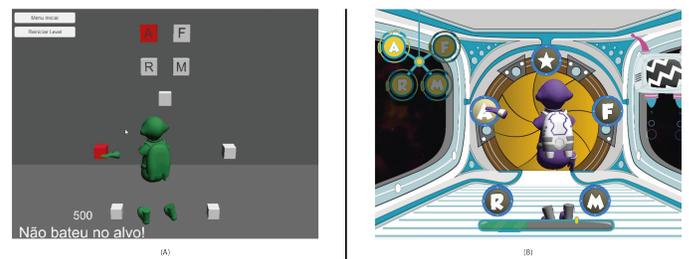


Figura 3: Comparação entre um protótipo inicial e a atividade finalizada.

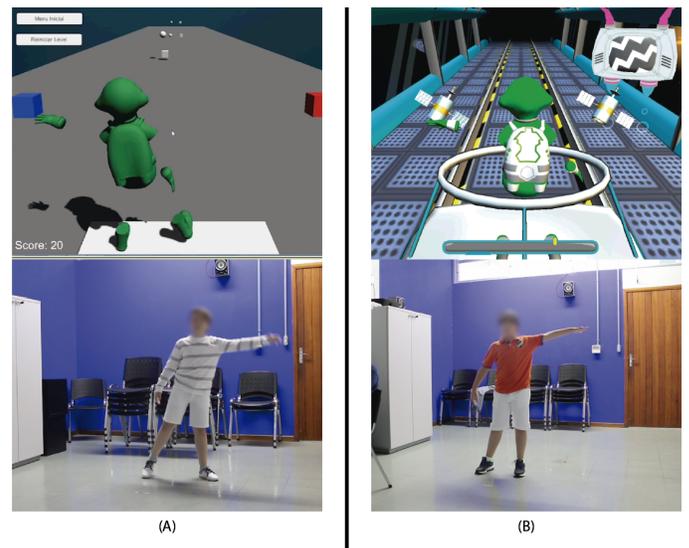


Figura 4: Comparação entre um protótipo inicial e a atividade finalizada.

5.2 Coleta de Requisitos com público alvo

No sentido de aprender sobre o público alvo do projeto aqui apresentado, foi realizada uma pesquisa de opinião junto a crianças do

3º e 4º ano do Ensino Fundamental. Essa pesquisa contou com a participação de 156 crianças e coletou dados referentes ao perfil (escolaridade, idade e sexo). Além disso, catalogou informações sobre: 1 - desenho animado preferido das crianças; 2 - onde ela costuma jogar *videogame* (celular/computador/consoles); 3 - quais seus personagens preferidos (nos jogos/desenhos animados); 4 - jogos preferidos.

Através dessas informações, foi possível conceber um conjunto de características artísticas e tecnológicas para a concepção do jogo em desenvolvimento, que será parte do programa de estimulação do controle inibitório. A pesquisa de preferência das crianças foi realizada em ambiente escolar. A faixa etária da pesquisa de opinião ficou entre 9 e 13 anos, sendo que crianças com 8 e 9 anos representam 78% dos participantes. Dessas, 50,40% são do sexo masculino e 49,60% do sexo feminino. No que se refere ao ano escolar, 44% são do 3º e 56% do 4º ano.

Dentre os desenhos mais populares citados na pesquisa, constam "Hora de Aventura" e a animação do "Chaves". São citados os personagens do "Apenas um Show" e "Bob Esponja". Então, para as cores dos personagens e dos cenários, optou-se por utilizar tons vibrantes e cores sólidas, baseando-se nesses desenhos populares citados na pesquisa. Já na concepção dos personagens principais foram utilizadas cores neutras para evitar estereótipos de gênero. Quanto a silhueta e estilo dos personagens, seguiu-se um estilo mais cartunesco e infantil, levando-se em conta a idade do público, que em grande parte varia entre os oito e nove anos. Além disso, optou-se por atividades - *mini games* curtos, tanto para atender a proposta de aplicação na estimulação da FE, quanto para refletir os gostos do público pesquisado. Muitos deles responderam que tem preferência por jogar em dispositivos móveis e brincar com jogos casuais com mecânicas que se repetem.

5.3 Mini games

As atividades do jogo "As Incríveis Aventuras de Apollo e Rosetta no Espaço" foram desenvolvidas em consonância com os requisitos de projeto catalogados durante o processo de desenvolvimento. Logo, preocupou-se com a estimulação do controle inibitório, utilizando estímulos verbais, viso-espacial, dentre outros. Assim, essa seção, apresenta as sete atividades, *mini games*, (Figura 5) demonstrando a jogabilidade e como ele estimula o Controle Inibitório durante a *gameplay*.

Assim, no *mini game*, intitulado **Explorador**, Figura 5 (A), o jogador precisa catalogar diferentes itens que estarão flutuando no cenário. Estes itens estarão descritos em uma lista presente à esquerda do jogador. Para vencer o jogo, o jogador deverá coletar apenas os elementos corretos, e desviar dos obstáculos em seu caminho. Esse *mini game* exige que o aluno/jogador catalogue uma série de elementos definidos no início de cada atividade. Assim, a criança possui a tendência de memorizar e automatizar respostas. Contudo, ela precisa inibir-se de catalogar os objetos não relacionados, além de manter-se ativo/foco, desviando de obstáculos (pulando/agachando). Dessa forma, impede que o jogador automatize as respostas, mantendo-se cuidadoso para executar as ações sem agir impulsivamente.

Já no *mini game* - **Decifrando Códigos**, Figura 5 (B), o jogador deverá pressionar os botões correspondentes às letras sorteadas no painel à esquerda ou pressionar o botão estrela localizado acima de sua cabeça. Ao longo do jogo, o jogador escutará algumas palavras. Toda vez que a letra inicial da palavra sonorizada corresponder a letra que foi sorteada o jogador deverá pressionar o botão estrela. Ao jogar, a criança não consegue automatizar uma resposta, visto que não existe um padrão. Sendo assim, ela precisa inibir a tendência da resposta e manter a atenção no comando solicitado durante a realização da atividade. Nessa atividade, o controle inibitório também é realizado quando o jogador se inibe de tocar nas letras quando a palavra sonorizada é igual à letra sorteada.

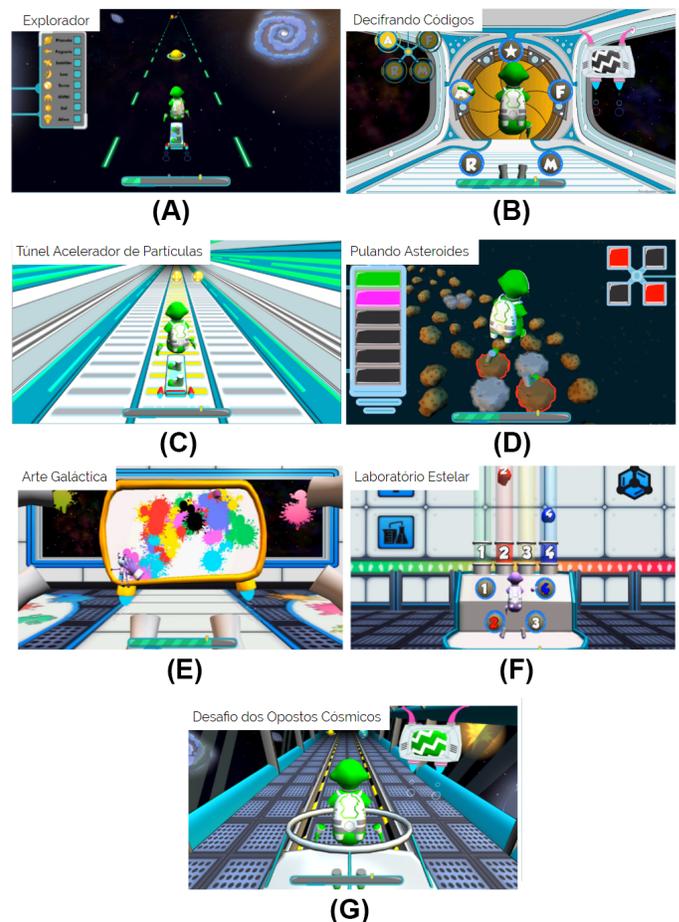


Figura 5: *Mini games* do Exergame - As Incríveis Aventuras de Apollo e Rosetta no Espaço

O objetivo do **Acelerador de Partículas**, Figura 5 (C), é guiar o personagem, movendo-se para direita ou esquerda, desviando dos obstáculos que aparecerão em seu caminho. Ao longo do jogo a câmera irá alternar entre dois modos. No primeiro modo, o personagem aparece de costas, já no segundo, a câmera rotaciona fazendo com que o jogador tenha visão do personagem de frente. Logo, deverá conduzi-lo tendo como referência a lateralidade do personagem ao invés da sua. Dessa forma o *mini game* estimula o controle inibitório quando o jogo exige que a criança iniba a tendência natural de movimentação. Essa atividade exercita a flexibilidade cognitiva do jogador, exigindo que mantenha a atenção/foco no personagem. Além disso, quando a câmera gira, deve inibir as respostas predispostas conforme a visualização do personagem, tal como dita a regra da atividade explicada anteriormente.

Outro *mini game* presente no Exergame é o **Pulando Asteroides**, Figura 5 (D), consiste em fazer o jogador saltitar entre asteroides. Na parte superior direita da tela, pode-se visualizar quatro quadrados que representam os asteroides que o jogador deverá permanecer com os pés depois de saltitar. No lado esquerdo, é possível observar uma lista com algumas cores selecionadas, caso os quadrados acendam em alguma das cores dessa lista, o jogador deverá pisar nos asteroides que não estão acessos. **Pulando Asteroides** possui uma demanda por respostas rápidas e diferentes do jogador. Embora permita uma tendência de generalização das respostas, o jogo possui a regra de restringir algumas cores de asteroides, invalidando a generalização. Logo, estimula o controle inibitório, pois

a criança precisa controlar e bloquear as respostas que não respeitem a instrução do jogo. Ainda, existe um processo de memória de trabalho, já que a criança precisa considerar os diferentes critérios (cores dos asteroides) que precisa inibir.

Ainda, o *mini game Arte Galáctica*, Figura 5 (E), foca sua atividade em acertar bolinhas de tinta. As bolinhas irão passar em frente a tela e o jogador deve acertar todas as bolinhas coloridas, desviando das bolinhas de cor branca e/ou preta. Durante a partida, uma mosca (personagem controlado pelo computador) vai atrapalhar a jogabilidade, disparando bolinhas pretas na tela de pintura, fazendo com que o jogador perca pontos. Esse *mini game* possibilita a estimulação do controle inibitório, pois durante a realização do jogo a criança precisa inibir sua tendência de resposta, freando a ação de acertar as bolinhas para pintar o quadro quando demandado pela regra da atividade, desviar das bolinhas de tinta branca e preta, conforme a regra dessa atividade explicitada anteriormente. Além disso, quando o personagem mosca surge para atrapalhar o jogador, essa atividade promove uma mecânica de jogo que pode ser classificada como um aspecto “quente” (afetivo) da estimulação, já que esse personagem/mosca estraga a pintura e diminui a pontuação do jogador.

Já no *mini game, Laboratório Estelar*, Figura 5 (F), serão apresentados elementos (vitaminas alienígenas) com diferentes cores e números, que deslizam dentro de 4 tubos transparentes. Quando o elemento atingir a área do tubo demarcada, e suas cores e números coincidirem com a cor e número do tubo, o jogador deverá pressionar o botão que representa o tubo. Ao jogar esse *mini game*, a criança não consegue automatizar as respostas para acertar jogadas. Assim, o controle inibitório é estimulado, uma vez que a criança deve inibir sua resposta para corresponder com a inspeção demandada. Além disso, o jogador deve manter sua atenção nas cores e números dos elementos que devem estar adequados com essas mesmas características presentes nos tubos dispostos no cenário do jogo.

E por fim, no *mini game Desafio dos Opostos Cósmicos*, Figura 5 (G), o jogador deverá coletar diferentes objetos. Haverá dois personagens, Tivo e Ovit, que passarão informações sobre qual objeto coletar. Quando Tivo sonorizar um comando, o jogador deverá fazer o que foi pedido. Contudo, quando Ovit der o comando, o jogador precisará fazer o oposto do que foi solicitado. O *mini game* do Desafio dos Opostos Cósmicos estimula o controle inibitório e a compreensão verbal. Durante a realização da atividade, a criança precisa manter a atenção na ordem sonorizada pelos personagens do jogo e, dependendo o personagem, deve inibir a tendência de realizar o comando, tal como é sonorizado e responder ao estímulo conforme a regra do jogo, executando exatamente aquilo que foi demandado ou seu oposto. Assim, percebe-se que existe também um exercício da flexibilidade cognitiva.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cientes de que melhorar/estimular as FE precocemente em crianças pode trazer benefícios a curto e longo prazo para o seu desenvolvimento, reflete-se o quanto é necessário investirem intervenções voltadas para a estimulação desse processo cognitivo. Dessa forma, o trabalho em questão apresenta um Exergame que exercita as FE, mais especificamente, o controle inibitório em crianças.

O presente projeto oportuniza o desenvolvimento de uma intervenção de estimulação do laboratório acadêmico para a comunidade, através de uma proposta de desenvolvimento de um jogo de estimulação cognitiva sob o aporte da neuropsicologia aplicada ao âmbito educacional e clínico. Esta proposta justifica-se primeiramente pela demanda de um programa inovador com técnicas aprimoradas e apoiadas na compreensão a cerca do desenvolvimento cognitivo na infância e adolescência. Possibilita, ainda, a utilização de atividades compatíveis com a faixa de desenvolvimento cognitivo esperado para cada idade e fase escolar. A realização de projeto

que aborda a interface entre as áreas da neuropsicologia clínica e da educação vem a ser uma importante alternativa para cobrir lacunas que, se devidamente preenchidas, podem contribuir de modo crucial para a prática educacional. Assim, os autores pretendem realizar junto as escolas, nos próximos meses, um programa de intervenção de estimulação para a comunidade acadêmica, através da utilização deste Exergame de estimulação cognitiva.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Ahn, S. Kwon, B. Park, K. Cho, S. P. Choe, I. Hwang, H. Jang, J. Park, Y. Rhee, and J. Song. Running or gaming. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pages 345–348. ACM, 2009.
- [2] Y. BABA and F. T. TSCHANG. Product development in japanese tv game software: The case of an innovative game. *International Journal of Innovation Management*, 05(04):487–515, 2001.
- [3] S. Bergman Nutley, S. Söderqvist, S. Bryde, L. B. Thorell, K. Humphreys, and T. Klingberg. Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled, randomized study. *Developmental science*, 14(3):591–601, 2011.
- [4] B. W. Boehm. A spiral model of software development and enhancement. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 11(4):14–24, Aug. 1986.
- [5] M. Botvinick, L. E. Nystrom, K. Fissell, C. S. Carter, and J. D. Cohen. Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 402(6758):179–181, 1999.
- [6] L. L. Brock, S. E. Rimm-Kaufman, L. Nathanson, and K. J. Grimm. The contributions of ‘hot’ and ‘cool’ executive function to children’s academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(3):337–349, 2009.
- [7] J. Campbell. *The hero with a thousand faces*, volume 17. New World Library, 2008.
- [8] S. M. Carlson and L. J. Moses. Individual differences in inhibitory control and children’s theory of mind. *Child development*, 72(4):1032–1053, 2001.
- [9] P. A. Di Tore and G. Raiola. Exergames and motor skills learning: a brief summary. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 78(5):1161–1164, 2012.
- [10] A. Diamond. Executive functions. *Annual review of psychology*, 64:135, 2013.
- [11] A. Diamond. Effects of physical exercise on executive functions: going beyond simply moving to moving with thought. *Annals of sports medicine and research*, 2(1):1011, 2015.
- [12] G. DuPaul. *ADHD Rating Scale-IV: Checklists, Norms, and Clinical Interpretation*. Guilford Press, 1998.
- [13] M. D. Finco, E. Reategui, M. A. Zaro, D. D. Sheehan, and L. Katz. Exergaming as an alternative for students unmotivated to participate in regular physical education classes. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 5(3):1–10, 2015.
- [14] S. Finkelstein, A. Nickel, T. Barnes, and E. A. Suma. Astrojumper: motivating children with autism to exercise using a vr game. In *CHI’10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 4189–4194. ACM, 2010.
- [15] C. E. Flores-Mendoza, R. B. Colom, and A. V. Castilho. Dificultades en el rendimiento escolar y la memoria de trabajo. *Bol. psicol.*, 50(113):21–36, 2000.
- [16] B. D. Glass, W. T. Maddox, and B. C. Love. Real-time strategy game training: emergence of a cognitive flexibility trait. *PLoS One*, 8(8):e70350, 2013.
- [17] D. F. Halpern. Sex differences in intelligence: Implications for education. *American Psychologist*, 52(10):1091, 1997.
- [18] H. A. Hernandez, T. Graham, D. Fehlings, L. Switzer, Z. Ye, Q. Bellay, M. A. Hamza, C. Savery, and T. Stach. Design of an exergaming station for children with cerebral palsy. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2619–2628. ACM, 2012.
- [19] S. M. Jaeggi, M. Buschkuhl, J. Jonides, and W. J. Perrig. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19):6829–6833, 2008.

- [20] T. Klingberg. Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences*, 14(7):317–324, 2010.
- [21] T. Klingberg, E. Fernell, P. J. Olesen, M. Johnson, P. Gustafsson, K. Dahlström, C. G. Gillberg, H. Forssberg, and H. Westerberg. Computerized training of working memory in children with adhd—a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2):177–186, 2005.
- [22] T. Klingberg, H. Forssberg, and H. Westerberg. Training of working memory in children with adhd. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 24(6):781–791, 2002.
- [23] A. Koivisto, S. Merilampi, and K. Kiili. Mobile exergames for preventing diseases related to childhood obesity. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*, page 29. ACM, 2011.
- [24] Y.-C. Lai, S.-T. Wang, and J.-C. Yang. An investigation of the exergames experience with flow state, enjoyment, and physical fitness. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2012 IEEE 12th International Conference on*, pages 58–60. IEEE, 2012.
- [25] G. D. Logan and W. B. Cowan. On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological review*, 91(3):295, 1984.
- [26] B. Luna. Developmental changes in cognitive control through adolescence. *Advances in child development and behavior*, 37:233, 2009.
- [27] M. Mansur-Alves, C. Flores-Mendoza, and C. J. Tierra-Criollo. Evidências preliminares da efetividade do treinamento cognitivo para melhorar a inteligência de crianças. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26:423 – 434, 00 2013.
- [28] J. Meckbach, B. Gibbs, J. Almqvist, M. Öhman, and M. Quennerstedt. Exergames as a teaching tool in physical education? *Sport Science Review*, 22(5-6):369–386, 2013.
- [29] J. B. Mossmann, D. N. F. Barbosa, P. R. Barros, R. N. Silva, V. C. S. Valadares, B. T. Gonçalves, R. E. C. Fischer, and V. Brochetto. Busca de evidências da aplicação da teoria da carga cognitiva em um exergame de dança. *SBC - Proceedings of SBGames 2015*, pages 368–375, 2015.
- [30] E. Murphy-Hill, T. Zimmermann, and N. Nagappan. Cowboys, ankle sprains, and keepers of quality: How is video game development different from software development? In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering, ICSE 2014*, pages 1–11, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [31] M. Papastergiou. Exploring the potential of computer and video games for health and physical education: A literature review. *Computers & Education*, 53(3):603–622, 2009.
- [32] W. Peng, J.-H. Lin, and J. Crouse. Is playing exergames really exercising? a meta-analysis of energy expenditure in active video games. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(11):681–688, 2011.
- [33] G. Salum, J. Sergeant, E. Sonuga-Barke, J. Vandekerckhove, A. Gadelha, P. Pan, T. Moriyama, A. Graeff-Martins, P. G. de Alvarenga, M. do Rosario, et al. Specificity of basic information processing and inhibitory control in attention deficit hyperactivity disorder. *Psychological medicine*, 44(03):617–631, 2014.
- [34] J. Sweller, P. Ayres, and S. Kalyuga. *Cognitive Load Theory*. Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies. Springer New York, 2011.
- [35] L. B. Thorell, S. Lindqvist, S. Bergman Nutley, G. Bohlin, and T. Klingberg. Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1):106–113, 2009.
- [36] B. L. Trommer, J.-A. B. Hoepfner, R. Lorber, and K. J. Armstrong. The go—no-go paradigm in attention deficit disorder. *Annals of Neurology*, 24(5):610–614, 1988.
- [37] F. T. Tschang. Videogames as interactive experiential products and their manner of development. *International Journal of Innovation Management*, 9(01):103–131, 2005.
- [38] L. Visu-Petra, L. Cheie, O. Benga, and M. Miclea. Cognitive control goes to school: The impact of executive functions on academic performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 11:240–244, 2011.